

# INFORMACIONES Agronomicas



INVESTIGACION  
**INPOFOS**  
EDUCACION

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

## COMO MEJORAR LA EFICACIA DE LA FERTILIZACION APROVECHANDO LAS INTERACCIONES ENTRE NUTRIENTES

Tsuioishi Yamada\*

### Introducción

A través del análisis de suelos, un agrónomo experimentado es capaz de hacer una recomendación de fertilización, en un suelo determinado, para obtener rendimientos altos del cultivo en consideración. El presente artículo quiere demostrar que además del efecto individual de los nutrientes, las interacciones entre nutrientes, particularmente las interacciones nitrógeno (N) con fósforo (P) y N con potasio (K), son importantes para mejorar la eficiencia de la fertilización. De igual manera se quiere demostrar que es mejor usar fórmulas N-P, N-K ó N-P-K en lugar de aplicaciones de nutrientes individuales.

### Como entran los nutrientes en contacto con las raíces de las plantas

Es consenso general, que cuanto más rico es el suelo en nutrientes, y si no existen restricciones (extremos de temperatura, compactación y niveles tóxicos de Al), la planta desarrolla un sistema radicular abundante y profundo. Este es un factor fundamental para la adecuada absorción de nutrientes y la producción de altos rendimientos de los cultivos.

Se ha determinado que los nutrientes en la solución del suelo entran en contacto con las raíces de las plantas de tres maneras diferentes: intercepción radicular, flujo de masa y difusión (Barber, 1995).

La intercepción radicular toma en cuenta la cantidad de nutrientes contactados por la raíz en crecimiento. Se cuantifica como la cantidad de nutrientes existentes un volumen del suelo igual al volumen de exploración de las raíces. Para cultivos anuales, el volumen de las raíces de una zona de crecimiento 0-20 cm es, en general, menor que el 1% del volumen total del suelo.

El flujo de masa transporta los nutrientes hacia la raíces por medio del movimiento del agua en el suelo. La dimensión del flujo de masa se calcula multiplicando el volumen de agua transpirada por planta por la concentración de nutrientes en esta agua.

**JULIO 2003**

**No. 50**

### Contenido

	Pág.
<b>Como mejorar la eficacia de la fertilización aprovechando las interacciones entre nutrientes</b>	<b>1</b>
<b>Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica</b>	<b>7</b>
<b>Reporte de investigación reciente</b>	<b>13</b>
<b>Cursos y Simposios</b>	<b>14</b>
<b>Página Web-INPOFOS</b>	<b>15</b>
<b>Publicaciones de INPOFOS</b>	<b>16</b>

**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.

\* Tomado de: Yamada, T. 2002. Melhoría na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes. *Informações Agronomicas*. Potafos 100: 1-5.

**Tabla 1. Concentración de nutrientes en la solución del suelo (Barber, 1995).**

Nutrientes	Concentración ( $\mu\text{mol/L}$ )
$\text{NO}_3^-$	100-50 000
$\text{NH}_4^+$	100-2 000
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ y $\text{HPO}_4^-$	1-50
$\text{K}^+$	100-4 000

La difusión se calcula por la diferencia entre el total de nutrientes absorbidos por la planta, menos la suma de la intercepción radicular y el flujo de masa. Cuando la intercepción radicular y el flujo de la masa no suplementan cantidades suficientes de un nutriente dado, la continua absorción del nutriente por las raíces deprime la concentración del nutriente en la superficie radicular. Esto causa una gradiente de concentración que es la fuerza que promueve el proceso de difusión del nutriente de la región de mayor concentración en el suelo hacia la de menor concentración en la superficie radicular.

El flujo de masa es el mecanismo de movimiento dominante para el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que, en general, tiene mayor concentración en la solución del suelo que los otros nutrientes (**Tabla 1**). Con el P, debido a la menor concentración de este nutriente en la solución del suelo, la difusión es el mecanismo preponderante de contacto ión-raíz. Para el K (y el amonio,  $\text{NH}_4^+$ ) son importantes los mecanismos de difusión y flujo de masa (**Tabla 2**).

El modelo mecanístico de Barber-Cushman (Barber, 1995) demuestra que la absorción de  $\text{NO}_3^-$  es influenciada por la tasa de crecimiento radicular ( $\text{cm/s}$ ), el flujo máximo ( $\text{nmol/m}^2/\text{s}$ ) y por la media del radio de la raíz ( $\text{cm}$ ). Para el P, K y  $\text{NH}_4^+$ , los parámetros de mayor sensibilidad fueron la tasa de crecimiento radicular ( $\text{cm/s}$ ), la concentración inicial de la solución del suelo ( $\mu\text{mol/L}$ ) y la media del radio de la raíz ( $\text{cm}$ ). Como se puede ver, independientemente del suelo y del mecanismo de movimiento de los nutrientes, es fundamental que haya una buena tasa de crecimiento radicular durante el ciclo de crecimiento de la planta. Es importante entonces trabajar para tener un sistema radicular abundante y profundo.

### Efecto de la fertilización en el crecimiento radicular

El suplemento de nutrientes afecta marcadamente el crecimiento, morfología y distribución del sistema radicular, tanto en sustratos artificiales como en el perfil del suelo. Este efecto es mucho más claro con el N. En las plantas cultivadas en el suelo, el efecto de N en el incremento de la superficie de área radicular es, en general, más acentuado

con N amoniacal ( $\text{N-NH}_4$ ) que con N nítrico  $\text{N-NO}_3$  (Marschner, 1995).

Las raíces de maíz tienden a proliferar en zonas que contienen materia orgánica y fertilizantes, principalmente en suelos con bajos contenidos de N y P. Los cultivos de cereales que encuentran altos niveles de N al inicio del crecimiento (que disminuye a lo largo del ciclo por nitrificación) producen precozmente mayor área foliar y consecuentemente mayor fotosíntesis para posterior crecimiento radicular. El efecto del P en el crecimiento radicular es un efecto indirecto, la disponibilidad de P incrementa la fotosíntesis, lo que a su vez aumenta el sistema radicular. El K, a pesar de no tener un efecto directo en el desarrollo radicular, es importante para algunas funciones fisiológicas como el transporte de nutrientes y metabolitos, organización celular y control de la permeabilidad de las células (Gardener et al., 1985).

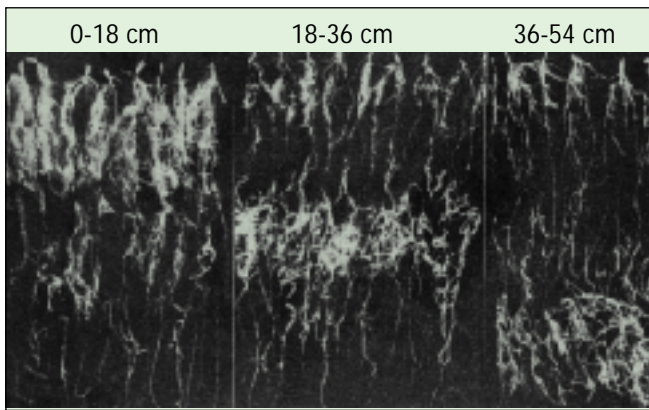
Debido al efecto estimulante del N en el desarrollo radicular, cuando hay una alta disponibilidad de N en la capa superficial del suelo existe el riesgo potencial de promover una alta acumulación de raíces en la superficie, a expensas de la penetración radicular en el subsuelo. Se considera que la aplicación profunda de fertilizantes, particularmente de N, mejora el desarrollo de las plantas que resisten mejor el estrés hídrico debido a pueden utilizar la amplia reserva de agua en las capas profundas del suelo (Garwood y Williams, 1967). Se ha observado el mismo efecto en maíz en Brasil, cuando se aplica y se incorpora el N a presiembra debido que se incrementa la resistencia de las plantas al verano.

En las especies anuales, la densidad radicular aumenta varias veces en las zonas de altas concentraciones de nutrientes, como se observa en las **Figuras 1 y 2**.

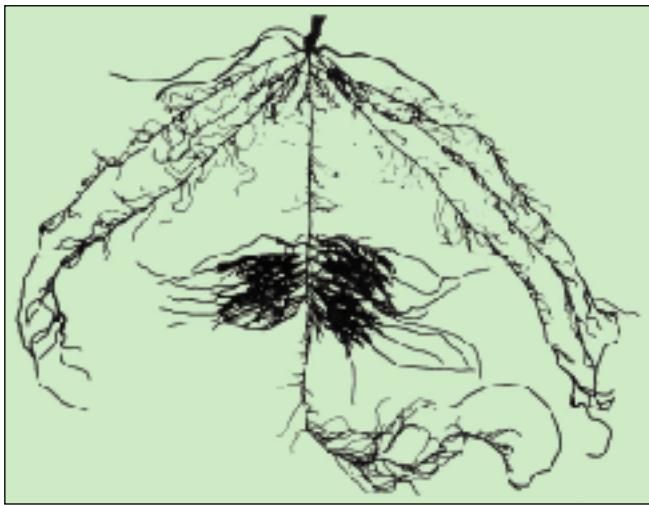
Se ha demostrado que la alta productividad de maíz en la región de la Pampas Argentinas, con suelos fértiles y ricos en materia orgánica, está correlacionada con altas cantidades de N disponible en el suelo ( $\text{N-NO}_3^-$  medido a 60 cm de profundidad) al momento de la siembra (García, 2002). Para rendimientos superiores a 12 t/ha es necesario tener, al momento de la siembra, por lo

**Tabla 2. Participación de los mecanismos de contacto ión-raíz en la producción de 9.5 toneladas de maíz en un suelo fértil de Estados Unidos (Barber, 1995).**

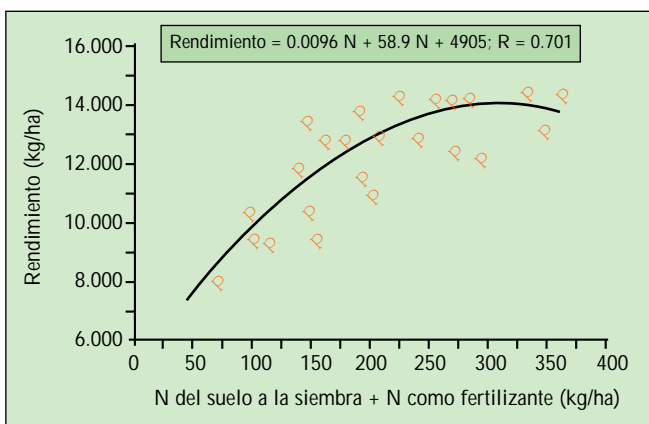
Nutriente	Cantidades necesarias para 9.5 t/ha	----- Nutrientes suprimidos por -----		
		Intercepción radicular	Flujo de masa	Difusión
-----kg/ha-----				
Nitrógeno	190	2	150	38
Fósforo	40	1	2	37
Potasio	195	4	35	156



**Figura 1.** El efecto de la localización de fertilizante nitrogenado a diferentes profundidades en la distribución de las raíces de cebada cultivadas en suelo arenoso (Gliemerth, 1953, citado por Marschner, 1995).



**Figura 2.** Modificaciones en el sistema radicular de la cebada con el suplemento de 1 mM de nitrato en la parte media de la raíz por 15 días. La parte restante del sistema radicular recibe apenas 0.01 mM de nitrato (Drew y Saker, 1975, citados por Marschner, 1995).



**Figura 3.** Rendimiento de maíz en función a N disponible para el cultivo (N-NO<sub>3</sub> en el suelo a 0-60 cm + N aplicado como fertilizante) en cinco ensayos de campo conducidos 2001/02, en Córdoba y Santa Fé, Argentina (Bianchini et al., 2002, citados por García, 2002).

menos el equivalente a 170 kg/ha de N disponible. Se considera N disponible al momento de la siembra la suma el N-NO<sub>3</sub> en la capa de 0-60 cm más el N aplicado como fertilizante (Figura 3).

Es interesante observar que el máximo flujo de nutrientes hacia las raíces se produce durante los primeros 20 días iniciales del ciclo de la planta, como se observa en la Tabla 3. Obsérvese que la tasa de absorción de N a los 30 días es siete veces menor que a los 20 días, y a los 50 días es 20 veces menor.

Estos datos son suficientes para convencer a los escépticos de la importancia de realizar una fertilización nitrogenada lo más pronto después de la siembra si existe el equipo para esta operación. Caso contrario, es mejor hacer la aplicación en presiembra durante el período de descanso de las máquinas y operadores, sin correr el riesgo de no realizarla en la época adecuada.

### Efecto del nitrógeno amoniacal en el aumento de la absorción de fósforo

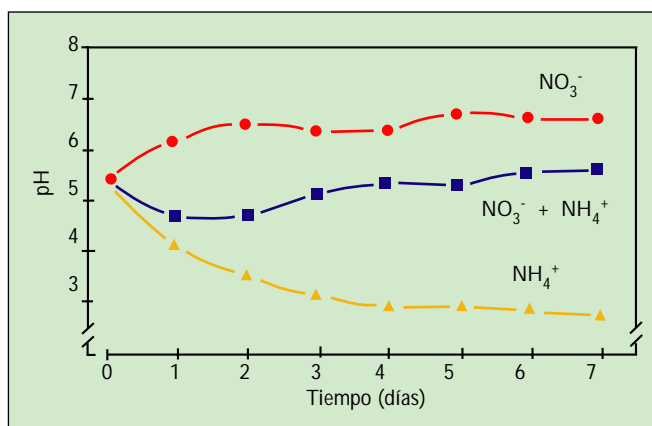
La fuente de suplemento de N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, fijación de N<sub>2</sub>) tiene un papel fundamental en la relación catión/anión en las plantas. Esto se debe a que el 70% de los cationes o aniones que ingresan a las plantas son NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ó NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. En principio, las plantas nutridas con NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se caracterizan por absorber mayor cantidad de cationes que de aniones y lo contrario ocurre con las plantas nutridas por NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que absorben más aniones que cationes. Como consecuencia de las diferentes tasas de absorción de cationes y aniones el pH de la solución externa se afecta apreciablemente, dependiendo del suplemento de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Figura 4). En general, el pH externo alrededor de las raíces (rizosfera) de las plantas nutridas con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> aumenta con el tiempo. Lo opuesto ocurre con las plantas nutridas solamente con NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. En las plantas que tienen un suplemento mixto de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> existe una reducción inicial de pH por absorción preferencial de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> hasta que éste se agote y luego un incremento de pH típico de la absorción NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Se conoce por mucho tiempo que el N aumenta la absorción de P por la planta cuando se colocan juntos en el suelo. El efecto es mayor con el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que con el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, debido a la reducción del pH en la superficie de la raíz provocada por la absorción de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Esto aumenta la disponibilidad de P para la absorción por las plantas. Esta condición se ha demostrado estudiando el efecto de la adición conjunta de sulfato de amonio y de fosfato monocalcico (marcado con <sup>32</sup>P) en la absorción de P. El estudio utilizó 4 suelos diferentes con pH de 4.2 a 8.2 (Blair et al., 1971). Como los resultados fueron prácticamente



**Tabla 3. Absorción de nutrientes por el maíz en función de la edad de la planta (Barber, 1995).**

Edad de las plantas (días)	N ----- $\mu\text{mol/m raíz/día}$ -----	P	K
20	226.9	11.3	52.9
30	32.4	0.90	12.4
40	18.5	0.86	8.00
50	11.2	0.66	4.75
60	5.7	0.37	1.63
70	1.2	0.17	0.15
80	0.46	0.08	0.06
90	2.0	0.10	0.37
100	4.2	0.23	0.16

**Figura 4. Comportamiento de pH en la solución externa cuando se suplementa solamente  $\text{NO}_3^-$ , solamente  $\text{NH}_4^+$ , o con una relación de 8 de  $\text{NO}_3^-$  con 1  $\text{NH}_4^+$  a plantas de sorgo. Concentración total de N = 300 mg/L (Clark, 1982, citado por Marschner, 1995).****Tabla 4. Influencia de la fuente de nitrógeno en el desarrollo de la parte aérea del maíz en un suelo de pH 5.5.**

Tratamientos	-----Parte aérea del maíz-----		
	Materia seca g/maceta	P total $\mu\text{g/mg}$	P fertilizante <sup>1</sup> $\mu\text{g/mg}$
Control	2.71 a	3.37 a	-
Solo P	3.35 a	5.07 b	2.02 a
P + $\text{KNO}_3$	5.41 a	5.13 b	2.48 a
P + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	8.92 b	8.00 c	5.18 b

<sup>1</sup> Fósforo proveniente del fosfato monocalcico marcado con <sup>32</sup>P.  
Valores con letras diferentes en las columnas son significativamente diferentes al 95% de probabilidad con la prueba de Duncan.

iguales para todos los suelos, se presentan los datos obtenidos con el suelo de pH de 5.5, el más próximo a las condiciones de suelos tropicales (Tabla 4).

Se puede observar en la Tabla 4 que el sulfato de amonio aplicado junto con el fosfato monocalcico fue el que logró la mayor producción de materia seca, acumulación P en la parte aérea y mejor eficiencia de

**Tabla 5. Influencia de la fuente de nitrógeno en el desarrollo radicular del maíz en suelo de pH 5.5.**

Tratamientos	----- Raíces del maíz -----		
	Materia seca mg	Ca $\mu\text{g/mg}$	P fertilizante <sup>1</sup> $\mu\text{g/mg}$
Control	71.4 a	2.2 b	-
Solo P	124.3 b	1.0 a	0.30 b
P + $\text{KNO}_3$	39.0 a	2.7 b	0.45 b
P + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	197.3 c	1.0 a	0.07 a

<sup>1</sup> Fósforo proveniente del fosfato monocalcico marcado con <sup>32</sup>P.  
Valores con letras diferentes en las columnas son significativamente diferentes al 95% de probabilidad con la prueba de Duncan.

absorción de P del fertilizante aplicado. La Tabla 5 muestra una mayor producción de materia seca de la raíz con el tratamiento con sulfato de amonio. Se observa también un menor residuo de Ca y P en la superficie de la raíz, lo que demuestra la mayor absorción de fosfato monocalcico cuando se aplica junto con el sulfato de amonio.

Esto explica el gran éxito de las formulaciones de NPK con más de 10% de N que se logran con la mezcla de sulfato de amonio, urea y MAP junto con KCl. Estas mezclas deben su efectividad al efecto de  $\text{N-NH}_4^+$  en la reducción del pH de la rizosfera y la reducción de la tasa de nitrificación debido al anión cloruro, lo que permite que permanezca más tiempo el N en forma de  $\text{N-NH}_4^+$  en el suelo. Esto se discute a continuación.

### El papel del anión cloruro en la inhibición de la nitrificación

Se ha estudiado el efecto del cloruro de potasio en la nitrificación de dosis crecientes N aplicado como sulfato de amonio en un suelo ácido tropical proveniente de plantaciones de te en Sri Lanka (Golden et al., 1981). En la Tabla 6 se presentan los datos de este estudio. Se observa que la adición de KCl redujo la nitrificación, hecho que se evidencia por la mayor cantidad de  $\text{NH}_4^+$  presente en los tratamientos con KCl luego de dos meses de incubación. Ensayos adicionales probaron que el efecto provenía del anión cloruro y no del catión  $\text{K}^+$ .

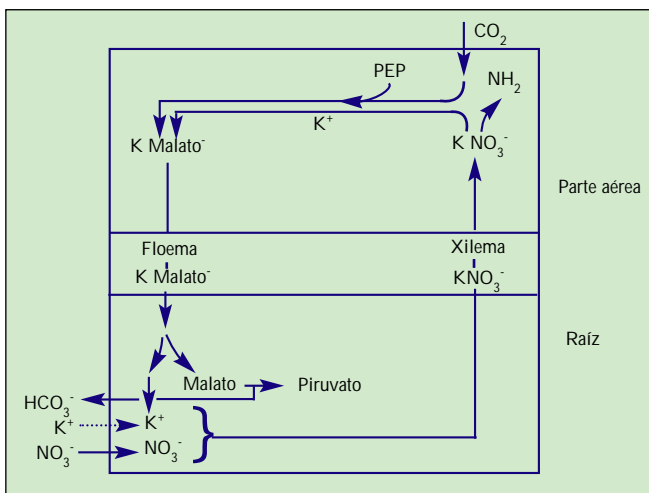
### El potasio es el transporte de nitrógeno

El N puede ser absorbido como catión  $\text{NH}_4^+$  o como anión  $\text{NO}_3^-$ . Como se discutió anteriormente, la absorción de  $\text{NH}_4^+$  reduce el pH en la rizosfera y lo contrario sucede con  $\text{NO}_3^-$ . El  $\text{NO}_3^-$  es la principal forma de N disponible en la mayoría de suelos bien aireados. Cuando se suplementa solamente de  $\text{NH}_4^+$  las plantas sufren varios problemas debido a alteraciones en la estructura de los cloroplastos causadas por la

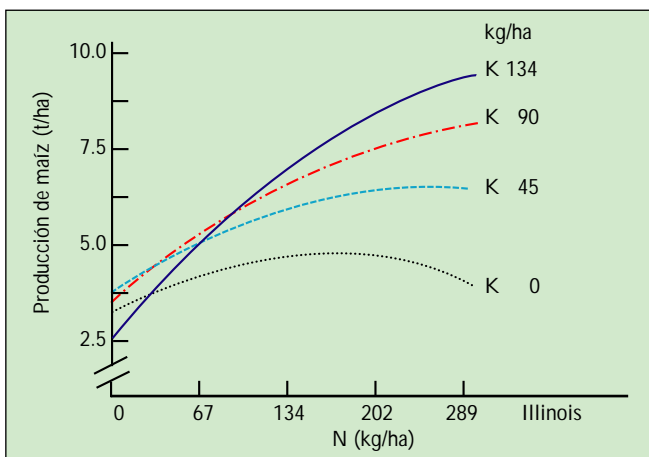
**Tabla 6. Efecto de el cloruro de potasio en la nitrificación del sulfato de amonio adicionado a un suelo ácido tropical después de dos meses de incubación, a una profundidad de 0-15 cm.**

----- kg/ha-----		pH (H <sub>2</sub> O)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> remanente <sup>3</sup> (ppm)
N <sup>1</sup>	K <sup>2</sup>		
0	0	4.65	5.8
112	0	4.30	5.0
224	0	3.85	3.9
336	0	3.85	27.6
112	116	4.55	5.9
224	116	3.90	96.0
336	116	3.75	166.8

1 Dosis de N como sulfato de amonio  
2 Dosis de K como cloruro de potasio  
3 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> extraído con solución KCl 2N



**Figura 5. Modelo de la circulación de potasio entre la raíz en la parte aérea con transporte de nitrato y malato (PEP = fosfoenol piruvato) (Fuente original Marschner, 1995, con datos de Ben-Zion et al., 1971 Kirby and Kirby, 1977).**



**Figura 6. La utilización óptima del N depende del nivel de K (Dibb y Thompson, 1985).**

toxicidad de amoníaco (NH<sub>3</sub>). En general, las plantas se desarrollan mejor cuando se suplementa conjuntamente NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. La mayor parte del NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se mueve rápidamente en el xilema y puede ser acumulado en las vacuolas de las raíces, en la parte aérea y en los órganos de almacenamiento. Para ser incorporado a la estructura orgánica, el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> debe reducirse a amoníaco (NH<sub>3</sub>), a través de reacciones mediadas por dos enzimas: nitrato reductasa y nitrito reductasa que son las responsables de la reducción del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a nitrito (NO<sub>2</sub>) y finalmente a NH<sub>3</sub>. El molibdeno (Mo) es un elemento esencial para el cambio de NO<sub>3</sub> a NO<sub>2</sub>.

En general, se admite que las plantas leñosas reducen el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en las raíces, en las herbáceas perennes en las raíces y en la parte aérea y en los cultivos anuales en la parte aérea. El sitio donde ocurre predominantemente la reducción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (sea raíz o parte aérea) tiene un impacto importante en el circulación de K en la planta (Figura 5).

Muchos experimentos soportan la hipótesis de que la absorción y transporte del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> hacia la parte aérea de las plantas, vía xilema, transporta también al K<sup>+</sup> que luego desciende vía floema con el malato. El malato, que transporta el K<sup>+</sup> hacia las raíces, se descarboxila formando piruvato y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). El HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> puede entonces ser intercambiado con NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, produciendo así el incremento de pH en la rizosfera. El reciclaje de K<sup>+</sup> es un componente clave de este modelo y para que funcione adecuadamente necesita de una abundante concentración de K en el suelo.

Es obvio entonces que la respuesta al N depende de las dosis de K aplicadas o del K presente en el suelo, como se muestra la Figura 6 que grafica la respuesta del maíz al N con diferentes dosis de K, en Illinois, Estados Unidos (Dibb y Thompson, 1985).

### Potasio y la síntesis de proteína

Es interesante observar la alta correlación ( $r = 0.98$ ) entre el contenido de K y el de proteínas en las semillas de algunos cultivos (Tabla 7).

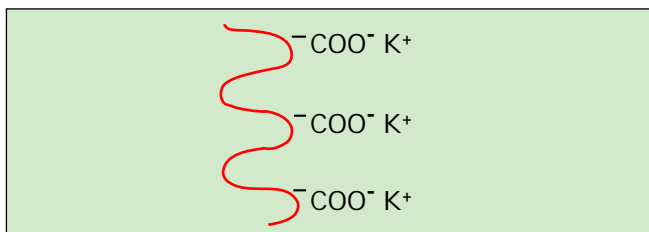
Una posible explicación para que los cultivos con altos contenidos de proteína necesiten (y exporten) grandes cantidades de K en el grano sería la participación del K en el transporte de N para la síntesis proteica y en la neutralización de los grupos carboxilos de los aminoácidos formados (Figura 7) (Blevins, 1985, 1989).

### Consideraciones finales

El N es el nutriente que más estimula la proliferación del sistema radicular, principalmente cuando se encuentra en forma amoniacal. Además, el N amoniacal aumenta la eficiencia de la fertilización fosfatada, que a su vez tiene un efecto positivo en el desarrollo radicular.

**Tabla 7. Correlación entre el contenido de potasio y de proteínas en las semillas de algunos cultivos (Blevins, 1985).**

Cultivo	K <sup>+</sup>	Proteína bruta
	----- g/kg -----	
Soya	17.7	380
Frijol	13.8	253
Algodón	12.0	231
Girasol	7.1	179
Cebada	5.5	126
Avena	4.8	121
Trigo	4.7	120
Centeno	5.2	113
Sorgo	3.9	110
Maíz	3.3	90
r = 0.98		



**Figura 7. Neutralización por el K<sup>+</sup> de los grupos carboxílicos del aspartato y del glutamato de las proteínas de semilla de soja (Blevins, 1989).**

El ión cloruro reduce la tasa de nitrificación y mantiene el N del suelo en forma amoniacal. En consecuencia, la aplicación de cloruro de potasio junto a la urea o el sulfato de amonio mantiene por más tiempo el N en forma amoniacal, lo que incrementa el volumen del sistema radicular y aumenta la absorción de P proveniente del suelo o del fertilizante.

El K está envuelto en el transporte ascendente del  $\text{NO}_3^{-}$  de las raíces hacia la parte aérea y en el descendente con malato hacia las raíces. Además, el K participa en la síntesis de proteínas.

Es fundamental que exista un adecuado balance entre los macronutrientes N, P, K, Ca, Mg y S y los micronutrientes B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn, para el buen crecimiento de las plantas y microorganismos benéficos al suelo. Estos nutrientes deben estar en el suelo desde el inicio del crecimiento, cuando es mayor la tasa de absorción de estos elementos.

## Bibliografía

Barber, S. A. 1995. Soil nutrient bioavailability - a mechanistic approach. 2ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 414p.

Below, F. E. 1995. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: Pessarakli, M. (ed.) Handbook of plant and crop physiology. New York: Marcel Dekker, Inc.

Blair, G. J., C. P. RIL, and M.H. Miller. 1971. Influence of nitrogen source on phosphorus uptake by corn from soils differing in pH. *Agronomy Journal*, 63:235-238.

Blevins, D. G. 1989. Nutrients associated with physiological and morphological changes for improved soybean yield. In: The physiology, biochemistry, nutrition and bioengineering of soybeans, St. Louis, 1989. Proceedings... FAR/PPI.

Blevins, D. G. 1985. Role of potassium in protein metabolism in plants. In: Munson, R. D. (ed.). Potassium in Agriculture. Madison: ASA/CSSA/SSSA.

Clark, R. B. 1982. Nutrient solution growth of sorghum and corn in mineral nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, 5: 1039-1057.

Dibb, D.W., and J. R. Thompson. 1985. Interaction of potassium with others nutrients. In: Munson, R.D. (ed.). Potassium in Agriculture. Madison: ASA/CSSA/SSSA.

García, F. O. 2002. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina. In: Conferencia de Fertilizantes Cono Sur. Porto Alegre, 2002. Resumen... British Sulphur Pub.

Gardener, P. F., R. B. Pearce, and R. G. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Ames: Iowa State University, 1985.

Garwood, E. A., and T. E. Williams. 1967. Growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. *Journal of Agric.* 9:25-130.

Golden, D. C., S. Sivasubramaniam, S. Sandanam, and M. A. Wijedasa. 1981. Inhibitory effects of commercial potassium chloride on the nitrification rates of added ammonium sulphate in an acid red yellow podzolic soil. *Plant and Soil*, 59: 47-151.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press Limited. ✍

# CONSUMO DE NUTRIENTES DE LOS FRUTOS Y BANDOLAS DE CAFE CATURRA DURANTE UN CICLO DE DESARROLLO Y MADURACION EN TURRIALBA, COSTA RICA

Floria Ramírez, Floria Bertsch y Luis Mora\*

## Introducción

Las curvas de absorción constituyen una buena herramienta para estimar de manera directa las cantidades totales de nutrientes necesarias durante el ciclo de crecimiento y producción de un cultivo. Además, definen los periodos de alta demanda y en consecuencia los momentos más adecuados de aplicación de nutrientes. Esta herramienta justifica cuantitativamente la validez de un programa de fertilización (Bertsch y Ramírez, 1997).

En zonas de producción de café que no tienen una estación seca definida, las yemas florales pueden emerger en cualquier momento, resultando en floraciones sucesivas con las consecuentes desventajas de manejo (Rojas, 1987). De acuerdo a la zonificación cafetalera de Costa Rica (Cléves Serrano, 1975, citado por Rojas, 1987), el sitio del estudio (Hacienda Aquiares al norte de Turrialba) presenta las condiciones descritas anteriormente.

El objetivo de este estudio fue elaborar una curva de absorción o acumulación de nutrientes por los frutos y bandolas (ramas secundarias) de plantas de café, en una zona con floraciones sucesivas. Estos datos sirvieron para determinar las etapas de absorción más importantes durante el período de llenado de fruto y se usan para mejorar el suplemento complementario de nutrientes vía fertilización foliar.

## Materiales y Métodos

Las evaluaciones realizadas corresponden a la cosecha 1998/1999, en un lote de café Caturra ubicado en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. Se seleccionó un lote sembrado en 1982, que fue sometido a poda baja en 1996, y con una producción estimada de 9000 kg de café cereza/ha.

Al inicio de la brotación de los botones florales (19 febrero de 1998), se seleccionaron 2 calles de plantas de café representativas del lote y se marcaron bandolas en el tercio medio de la planta. En total se marcaron 100 bandolas, una por cada planta. Además, a 20 de las bandolas se les colocó otra identificación para llevar un registro mensual del crecimiento de la bandola y la rama total, desde la floración hasta la cosecha.

Se muestrearon al azar de 10 a 12 bandolas por mes (marzo a octubre) cortándolas de la rama. Se midió la longitud y se contó el número de nudos de estas bandolas y se desprendieron las flores y los frutos. Los frutos se clasificaron en 9 tamaños y 2 categorías (maduros y verdes). Se determinó el peso fresco y seco y la concentración de nutrientes según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978) en las bandolas y los frutos categorizados. Con los datos de peso seco y concentración se calculó la cantidad de nutrientes consumida por cada categoría de fruto y por las bandolas a lo largo del ciclo de desarrollo y maduración de los frutos.

## Resultados y discusión

### Caracterización fenológica de la planta

En la **Tabla 1** se presenta el detalle general de las características fenológicas de la plantación evaluada. Como se puede observar, una planta de 2 años de edad después de la poda total, y soportando su primera cosecha fuerte, se caracteriza por tener, en promedio, 61 bandolas efectivas (>10 cm de largo y con floración), distribuidas en sus 2-3 ejes (ramas) ortotrópicos. Las bandolas evaluadas tuvieron, durante el período de desarrollo de los frutos (febrero a noviembre), un aumento de un 16.5% sobre su largo inicial (10 cm), y presentaron yemas florales y fructificación en poco más de la mitad de sus nudos (59%, 33 nudos en promedio). Durante el mismo período el eje ortotrópico creció un 20% (31 cm).

El patrón de crecimiento de las bandolas se ajusta al comportamiento descrito en la literatura (Vicente-Chandler, 1989), en el que hay 2 momentos de crecimiento vegetativo importantes que se ubican durante la floración y más tarde (4-6 meses después) durante el desarrollo de los frutos.

Durante los primeros 3 meses de desarrollo de los frutos se produjo el 60% del aumento en el largo de las bandolas y el 70% de la elongación de las ramas observado durante el ciclo de desarrollo de los frutos (**Figura I**).

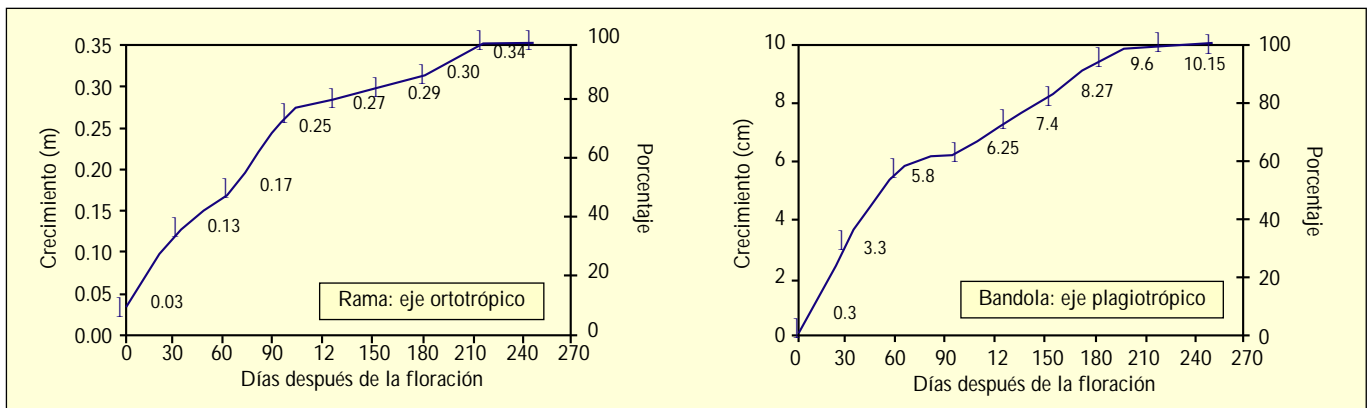
Durante la diferenciación de las yemas florales puede presentarse el alargamiento de los entrenudos y la

\* Tomado de: Ramírez, F., F. Bertsch, y L. Mora. 2002. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(1): 33-42.

**Tabla 1. Descripción de las plantas de café variedad Caturra, durante un ciclo de crecimiento y maduración de los frutos en Aquiares, Turrialba, Costa Rica**

Sección		Promedio*	n
Planta	Número de ejes ortotrópicos (e.o.)	2.55 ± 0.22	20
	Altura inicial de e.o. (feb-98) (m)	1.56 ± 0.06	20
	Altura final de e.o. (nov-98) (m)	1.87 ± 0.07	20
	número de bandolas > 10 cm/e.o.	33.85 ± 2.95	20
	Número de bandolas efectivas (>50% floreado)/e.o.	24.05 ± 2.54	20
Bandola	Largo promedio (cm)	66.9 ± 1.6	98
	Largo inicial de bandola (feb-98) (cm)	59.45 ± 3.52	20
	Largo final de bandola (nov-98) (cm)	69.30 ± 5.09	20
	Número de nudos	63.20 ± 4.5	98
	Nudos/cm	0.94 ± 0.06	98
	Peso fresco (g)	62.9 ± 5.5	98
	Peso seco (g)	21.7 ± 1.9	98
	Porcentaje de humedad de bandola	65% ± 1%	98
Floración	Nudos floreados	32.9 ± 8.6	9
	Porcentaje de nudos floreados	29% ± 10%	9
	Número de botones florales grandes/5 g de peso fresco	82.7 ± 4.8	6
	Peso fresco de flores/bandola (g)	10.3 ± 5.4	16
	Peso seco de flores/bandola (g)	1.6 ± 1.0	14
	Porcentaje de humedad de flores	82% ± 1%	14

\* Promedio ± intervalo de confianza  
n = número de muestras  
P = 0.05



**Figura 1. Crecimiento de bandolas y ramas de café después del pico de máxima floración hasta la cosecha.**

formación de los nudos, pero cuando hay crecimiento de frutos el alargamiento de las ramas se reduce (Valencia, 1998). Por otro lado, bajo condiciones del Valle Central de Costa Rica, se encontró que las mayores tasas de crecimiento de bandolas de café Caturra y Catuá están relacionadas con las épocas de mayor precipitación (Segura, 1992 a y b).

### Caracterización de los frutos

En la **Tabla 2** se presentan los datos de peso (fresco y seco), humedad, altura y diámetro de cada una de las categorías de frutos identificadas. Existió una relación muy estrecha entre la altura (longitud) y el diámetro de

los frutos verdes de Caturra, sin importar la categoría de tamaño. Esta relación es descrita por la ecuación:

$$\text{Diámetro (mm)} = 0,6588 \times \text{altura (mm)} + 0,7569; (r^2 = 0,97)$$

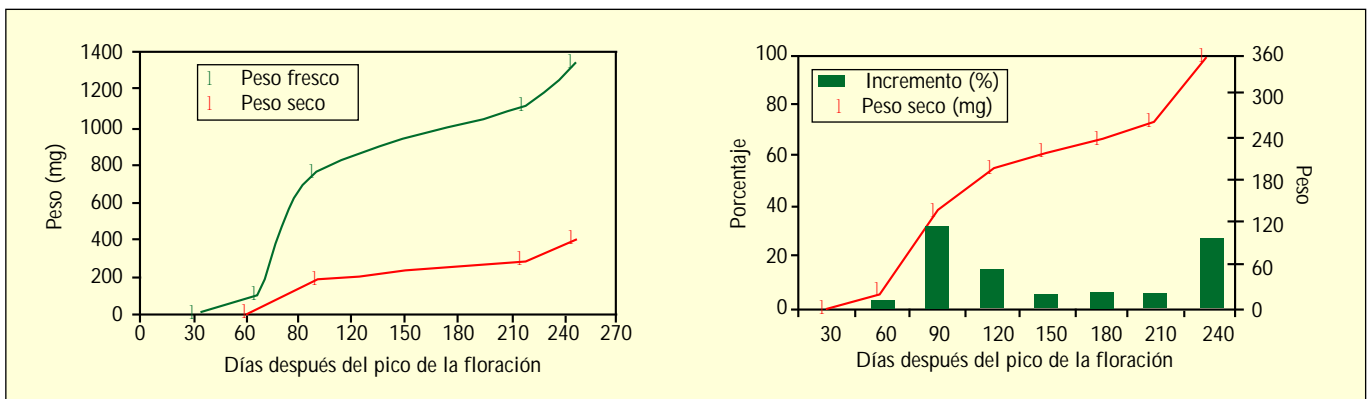
Los frutos maduros se presentan a partir de la categoría 5 de tamaño, pero los tamaños de frutos maduros dominantes son 6, 7 y 8. Los frutos extremadamente grandes (9 y 10) fueron muy pocos. Los frutos maduros se caracterizan por tener menor humedad comparados con el tamaño correspondiente en verde. Se presentaron frutos secos que permanecen prendidos a la bandola que se denominan frutos "momia". Debido



**Tabla 2. Descripción de las categorías de tamaño y estado de los frutos de café variedad Caturra, Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

Estado	----- Tamaño -----		Humedad (%)	n	Altura (mm)		Diámetro (mm)	
	Fresco	Seco			mín.	máx.	mín.	máx.
1	15 ± 1	4 ± 0.4	72 ± 4	61	<3.0	<2.5	0	0
2	61 ± 6	14 ± 1	76 ± 3	41	3.1	4.5	2.6	3.5
V 3	133 ± 19	26 ± 3	80 ± 1	22	4.6	6	3.6	4.5
E 4	253 ± 28	43 ± 6	83 ± 1	29	6.1	7.5	4.6	6
R 5	555 ± 26	126 ± 12	78 ± 1	73	7.6	10	6.1	8
D 6	851 ± 23	201 ± 17	77 ± 2	74	10.1	13	8	9.5
E 7	1083 ± 85	263 ± 29	76 ± 2	69	13.1	14.5	9.6	10
8	1495 ± 186	359 ± 38	75 ± 2	34	14.6	16.5	10.1	11.5
9	1612 ± 201	433 ± 93	73 ± 5	4		>16.6		>11.6
M 5	802 ± 160	212 ± 15	72 ± 4	9				
A 6	958 ± 40	281 ± 19	71 ± 2	25				
D 7	1356 ± 41	397 ± 18	71 ± 1	33				
U 8	1738 ± 70	513 ± 28	70 ± 1	21				
R 9	1921 ± 57	558 ± 37	71 ± 1	12				
O 10	2455 ± 245	271 ± 114	71 ± 3	6				
Momias	984 ± 386	377 ± 82	52 ± 8	16				

n = número de muestras  
±IC = intervalo de confianza


**Figura 2. Curva de crecimiento de un fruto de café variedad Caturra en términos de peso (mg/fruto) y porcentaje.**

a la presencia de frutos de diferente tamaño y estado a lo largo del ciclo de desarrollo, se procedió a determinar los momentos en que dominaba uno o varios tamaños y estados de fruto. En la **Tabla 3** se presentan los promedios ponderados de peso y humedad para los frutos dominantes y el porcentaje que éstos representan del total de frutos en la bandola.

El número de frutos por bandola disminuye conforme aumenta el tamaño, esto refleja una purga de frutos bastante fuerte. En Colombia, se ha documentado un cuaje de 30-40% (Valencia, 1998), mientras que en Costa Rica se reporta un promedio de 103 frutos de café Caturra por bandola a la cosecha (Briceño y Arias, 1992), dato prácticamente idéntico al encontrado en las evaluaciones de este estudio.

Con los datos de los frutos dominantes se elaboró la curva de crecimiento de los frutos de café Caturra (**Figura 2**). La duración del ciclo de crecimiento de los frutos (antes de la maduración) es de aproximadamente 8 meses, pero este factor es dependiente de las condiciones climáticas del lugar (Valencia, 1998).

La curva de crecimiento del fruto de café presenta una forma sigmoidea doble. La primera etapa corresponde a un ligero incremento en tamaño (primeras 4-5 semanas), seguida de un crecimiento rápido hasta que el fruto verde alcanza su tamaño máximo. En el tercer período casi no hay crecimiento y corresponde al endurecimiento del endocarpio y la división de los tejidos de la semilla ( $\approx$  18 semanas). Finalmente, en un cuarto período se produce la maduración y hay otro

**Tabla 3. Caracterización de los frutos dominantes en el ciclo de crecimiento y maduración de los frutos de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

Edad (ddpf)	Tamaño	--- Peso (mg) ---		Humedad (%)	Número promedio frutos/bandola	Frutos dominantes (%)
		Fresco	Seco			
34	1	14.6	3.9	72	351	95
65	2, 3, 4	124.1	23.7	79	260	57
99	5, 6	764.8	179.4	77	154	69
217	7, 8, 9	1103.4	268.1	76	97	57
247	Maduro	1323.9	386.1	71	101	64
247	Momias	984.3	377.4	52	101	18

ddpf = días después del pico de floración

**Tabla 4. Concentración promedio de nutrientes en la bandola, flores y tamaños dominantes de frutos de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	----- % -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Bandola	1.97	0.18	1.07	0.21	1.83	0.17	103	33	27	144	49.7
Flores	3.05	0.39	0.74	0.32	2.54	0.22	175	50	22	87	45.9
Frutos 1	2.82	0.30	1.54	0.43	2.99	0.29	157	36	22	281	55
Frutos 2, 3, 4	2.89	0.33	0.64	0.35	2.94	0.23	82	27	18	134	41
Frutos 5, 6	2.39	0.20	0.35	0.21	2.61	0.15	48	21	11	52	52
Frutos 7, 8, 9	1.95	0.19	0.31	0.20	2.43	0.14	54	21	10	46	51
Frutos maduros	1.68	0.14	0.24	0.16	2.22	0.11	31	13	5	38	42

**Tabla 5. Absorción estimada de nutrientes de un fruto de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.**

Edad (ddpf)	Tamaño dominante	PS (mg)	----- mg kg <sup>-1</sup> -----						----- ug kg <sup>-1</sup> -----				
			N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
30	1	3.4	0.10	0.01	0.05	0.01	0.10	0.01	0.54	0.12	0.08	0.97	0.19
60	2, 3, 4	20.5	0.59	0.07	0.19	0.07	0.60	0.05	1.67	0.54	0.37	2.75	0.84
90	5, 6	138.2	3.30	0.28	0.49	0.29	3.61	0.21	6.58	2.88	1.55	7.13	7.21
120	7, 8, 9	195.2	3.80	0.38	0.61	0.38	4.75	0.28	10.59	4.00	1.95	9.98	10.04
150	7, 8, 9	217.7	4.24	0.42	0.68	0.43	5.30	0.31	11.81	4.46	2.18	10.02	11.20
180	7, 8, 9	240.3	4.68	0.46	0.75	0.47	5.85	0.35	13.04	4.93	2.40	11.05	12.36
210	7, 8, 9	262.8	5.12	0.51	0.82	0.52	6.40	0.38	14.26	5.39	2.63	12.09	13.52
240	Maduros	358.6	6.04	0.52	0.87	0.59	7.95	0.38	11.17	4.56	1.74	13.63	14.95

ddpf = días después del pico de floración

PS = peso seco

fuerte incremento en tamaño (5 semanas), que se asocia con un fuerte incremento en materia seca (> 30%), que se acumula a partir de los 210 días después del pico de floración (León y Fournier, 1962; Segura, 1992c).

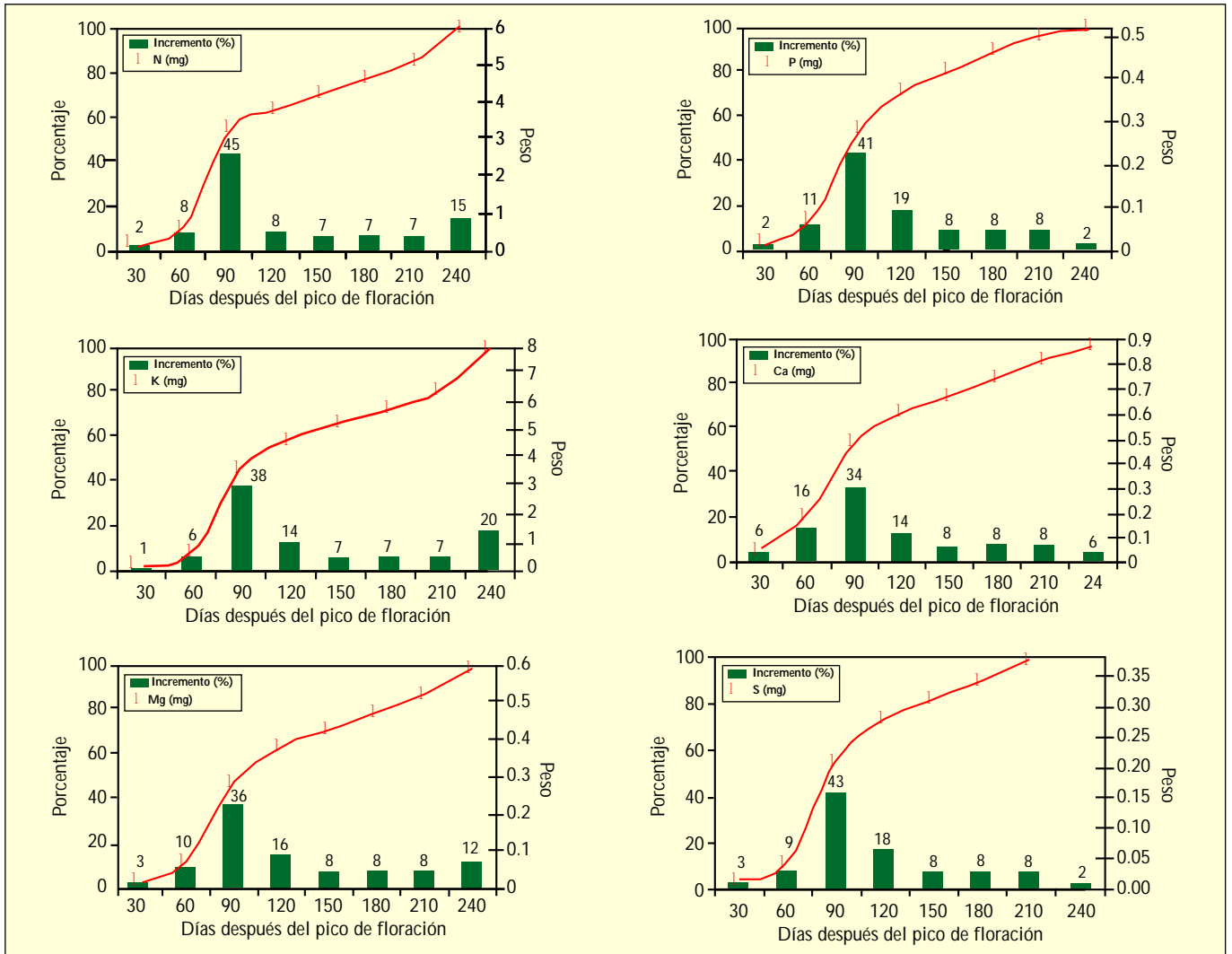
#### Consumo de nutrientes por los frutos de café

Con la información de peso seco (Tabla 3) y la concentración de nutrientes (Tabla 4) se calculó el consumo de nutrientes, datos que se presentan en la Tabla 5. En las Figuras 3 y 4 se presentan las curvas de absorción para cada nutriente de los frutos de café. No se consideró el consumo de nutrientes de la bandola

por tener concentraciones uniformes y crecimiento prácticamente lineal durante el ciclo (Figura 1).

El orden de absorción de macronutrientes de los frutos de café Caturra fue: potasio (K) > nitrógeno (N) > calcio (Ca) > magnesio (Mg) > fósforo (P) > azufre (S) y la proporción de N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O fue de 6 : 1 : 8, datos similares a aquellos reportados en la literatura para esta variedad de café (Segura, 1992 d; Carvajal, 1984).

A los 30 días después del pico de floración, la mayoría de los frutos de una bandola se encuentran en tamaño 1 (cabeza de alfiler). En este momento, solo Ca y



**Figura 3. Curva de absorción de macronutrientes (mg/fruto) para frutos de café Caturra.**

manganeso (Mn) se han consumido en más de 5% de la absorción total.

A los 60 días, la mayoría de los frutos se encuentran en el tamaño 2, 3 ó 4, lo que significa un máximo de 6 mm de diámetro con un peso fresco promedio de 0,25 g. En este momento, más de un 20% del total de Ca y Mn han ingresado al fruto.

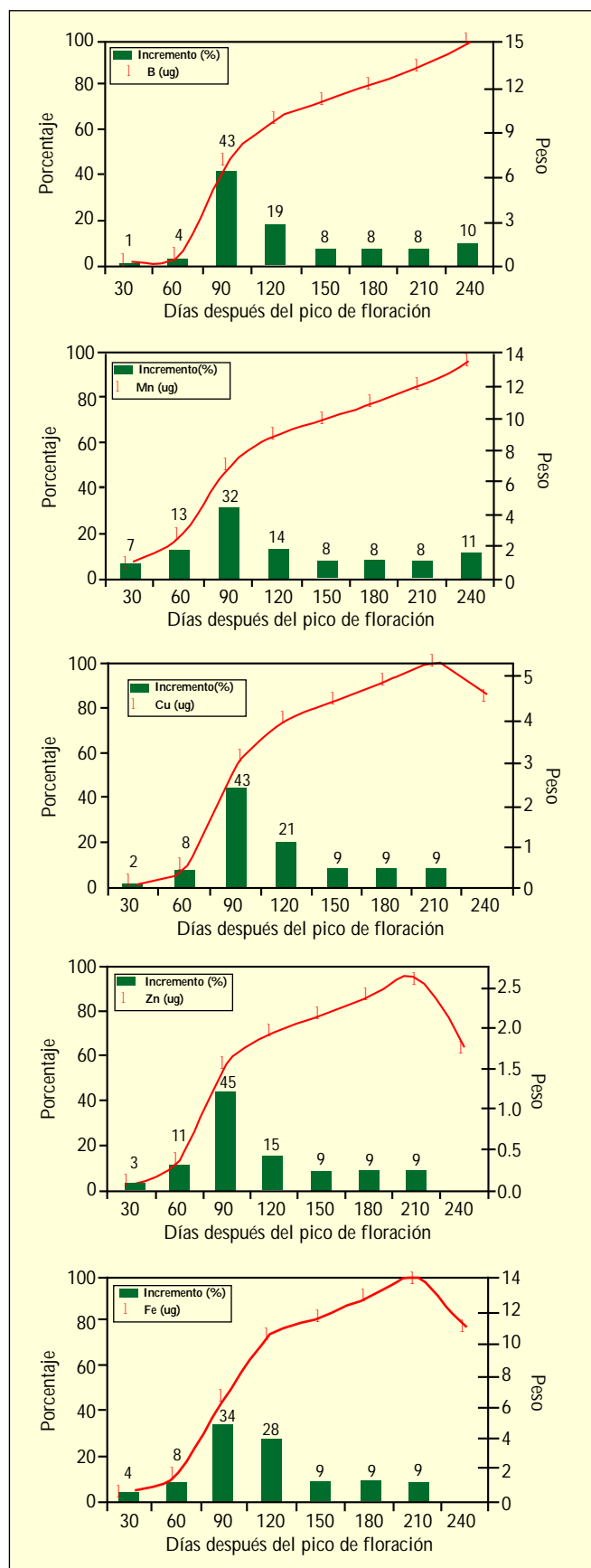
A los 90 días, junto con una fuerte acumulación de agua y un importante aumento en el tamaño del fruto (**Figura 2**) y la continua absorción de Ca y Mn, se produce un fuerte consumo de zinc (Zn), correspondiente al 45% del total (casi la mitad de su necesidad consumida en un solo mes). El boro (B), S, cobre (Cu), N y P presentan el mismo comportamiento. Más del 40% del total de esos elementos se va a consumir antes del tercer mes.

El siguiente período, en el que se observa el desarrollo de los frutos hasta alcanzar su tamaño definitivo antes de empezar a madurar, puede alargarse desde los 120 hasta los 210 días y ocurre sin cambios muy abruptos en la absorción de nutrientes. Esto significa que las exigencias mensuales de nutrientes son graduales (7 y 9% por mes).

Se ha reportado que existe una gran demanda de nutrientes en los 2 últimos meses de desarrollo del fruto (Valencia, 1998), sin embargo, en este estudio solo K, N, y en menor medida B y Mg resultan de importancia para la maduración (período que se inicia después de los 7 meses).

**Tabla 6. Programa de fertilización foliar de apoyo a la nutrición básica basado en las curvas de absorción.**

Fecha de aplicación			Nutrientes a aplicar		
Días	Semanas	Meses	Prioritarios	Secundarios	Terciarios
40-45	6	1.5	Ca		
60-75	11	2.5	Ca, Zn, B	Mg	N, K
100-110	15	3.5	Zn, B	Cu, Fe	Mg, S
200-210	28	6.5	K, N	B, Mg	




**Figura 4. Curvas de absorción de micronutrientos (ug/fruto) para frutos de café Caturra.**

A pesar de que en la zona de Turrialba, Costa Rica, se presentan flotaciones sucesivas, los frutos se desarrollan de manera predecible, de forma que es posible tomar decisiones de fertilización de acuerdo a

la curva de crecimiento y de absorción de nutrientes de los frutos. A los 90 días después del pico de floración, todos los elementos, excepto el K, han sido consumidos en un 50% del requisito total. Un programa de fertilización foliar que pretenda apoyar efectivamente el curso de formación, llenado y maduración de frutos se resume en la **Tabla 6**. Si se quisiera eliminar algunas de las aplicaciones se podría excluir la primera y la cuarta.

## Bibliografía

- Berstch, F., y F. Ramírez. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrientes. In: Memoria Jornadas de Investigación. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. 183 p.
- Briceño, J., y O. Arias. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica*). I. Crecimiento vegetativo y productivo de tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16(1): 125-130
- Carvajal, F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Segunda Edición. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza. 253 p.
- Carvajal, F. 1985. Potassium nutrition of coffee. In: Potassium in agricultura. Ed. by R.D. Munson. Madison, Wis., ASA-CSSA-SSSA.
- Díaz-Romeu, R., y A. Hunter. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.
- León, J., y L. Fournier. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *coffea arabica* L. Turrialba 12:65-74.
- Rojas, O. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA, Serie Publicaciones Misceláneas No. AI/OCR-87-007. San José, Costa Rica, 83 p.
- Segura, A. 1992a. Estudio comparativo del crecimiento vegetativo de dos cultivares de café. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura, A. 1992b. Estudio fonológico del café. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFEMAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura, A. 1992c. Estudio del crecimiento del fruto de café. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Segura, A. 1992d. Extracción de nutrientes por los frutos del café durante su desarrollo. In: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- Valencia, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. INPOFOS, Quito, Ecuador. 61 p.
- Vicente-Chandler, J. 1989. Coffee. In: Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops. Ed. by D.L. Plucknett and H.B. Sprague. Westview Press, U.S.A. 553 p. 



## REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

### RESPUESTA DEL FREJOL EN DOSIS DE FOSFORO EN SUELO ARENOSO

Silva, E., J. C. F. Resende, e W. B. R. Cintra. 2001. Resposta do feijoeiro a doses de fosforo em solo arenoso. *Ciencia Rural*, 31(6): 973-977.

La disponibilidad del fósforo (P) es influenciada por varios atributos del suelo que afectan la respuesta de los cultivos a las aplicaciones de P. Se condujo un experimento de campo en la Hacienda Experimental de Mocaminho (EPAMIG), en la región del Proyecto Jaíba, Norte de Minas Gerais, en arena cuarzosa, con el objetivo de evaluar la respuesta del frijol a las aplicaciones de dosis de  $P_2O_5$  y estimar los niveles críticos de P en el suelo y en las hojas. Se aplicaron cuatro dosis de  $P_2O_5$  (0, 35, 70 y 140 kg/ha). Los tratamientos se dispusieron en un arreglo de bloques al azar, con cinco repeticiones. Se cultivo frijol Carioca con una población de 240 000 plantas por hectárea. Se evaluó el rendimientos de los granos, el contenido P del suelo (Mehlich 1) y el contenido foliar, en el año 2000.

Los rendimientos de grano del frijol aumentaron con las dosis de  $P_2O_5$ , el rendimiento de máxima eficiencia económica (MEE) fue 3 821 kg/ha con la dosis de 98 kg/ha de  $P_2O_5$ . En el nivel crítico de P en el suelo, asociado con las dosis de MEE, fue de 17.7 mg/dm<sup>3</sup> y para P foliar fue de 3.9 g/kg. ↘

### INMOVILIZACION DE UREA Y SULFATO DE AMONIO APLICADOS EN LA PRE-SIEMBRA Y COBERTURA DEL CULTIVO DE MAIZ EN SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA (2do AÑO DE ESTUDIO)

Couto, P. A., e W. A. R. Cabezas. 2002. Imobilização do N-Urea e N- Sulfato de Amonio aplicados em pre-semeadura e cobertura na cultura del milho em sistem de platio directo. In: Reunión Brasileira de fertilidad do solo e nutrição de platas. Rio de Janeiro. Resumos... SBCS.

Utilizando dos épocas de fertilización (pre-siembra y cobertura) sobre avena y residuos de cultivos anteriores (3.05 t/ha de materia seca) se aplicaron, como fuente de N, urea y sulfato de amonio en dosis de 80 kg de N/ha que fueron incorporadas en las entrelíneas de las plantas de maíz, con un espaciamento de 0.8 m. Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo de parcelas subdivididas, con tres repeticiones. Las parcelas grandes (12 x 30 cm) fueron constituidas por las fuentes y las subparcelas por las épocas de muestreo después de la aplicación del N. Los fertilizantes, para efectos comparativos, fueron incorporados a 5-7 cm. Se instalaron microparcels de 1 m<sup>2</sup> donde se substituyó el

fertilizante normal por fertilizante marcado con <sup>15</sup>N (4.86 y 5.01% de átomos de abundancia de <sup>15</sup>N para la urea y el sulfato de amonio, respectivamente). El fertilizante marcado se utilizó para cuantificar el fertilizante nitrogenado inmovilizado en el surco de aplicación, a intervalos fenológicos definidos por el cultivo. La mayor inmovilización ocurre con la aplicación a pre-siembra comparado con la aplicación en cobertura para ambas fuentes, una menor tasa de pluviosidad puede haber favorecido las condiciones de inmovilización (3.1 contra 6.9 mm/día). Hubo un mayor incremento del pH con la urea, en relación con el pH inicial del suelo (presiembr) que con cobertura, indicando que el suelo con menor humedecimiento fue más sensible al cambio. Independiente de la época de aplicación, la mayor eficiencia de sulfato de amonio (84.3% de N-aplicado) resultó en un incremento en productividad 775 kg/ha de grano en sobre la productividad obtenida con urea que tuvo una eficiencia de 54.7% del N aplicado. ↘

### EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y POTASICA EN EL SUELO, PLANTA Y PRODUCCION DE MAÍZ DULCE

Coutinho, E. L. M., H. C. J Franco, A. M. Coutinho Neto, and F. Consolini. 2002. Efeito da adubação nitrogenada e potassica no solo, planta e produção de milho doce. *Horticultura Brasileira*, 20 (2): 330-331.

El experimento se condujo en condiciones de campo, en un Latossolo Vermelho de textura arcillosa con contenido muy bajo de potasio (K), localizado en el municipio de Jaboticabal, SP, con el objeto de verificar los efectos de la fertilización con nitrógeno (N) al voleo (0, 50, 100 y 150 kg/ha de N) y de la fertilización con K (0, 60, 120 y 180 kg/ha de K<sub>2</sub>O) en la producción de espigas (mazorcas tiernas) y en el diagnóstico de la nutrición nitrogenada y potásica en el cultivo de maíz dulce. Se encontraron respuestas positivas en la producción de espigas en función con la fertilización de nitrogenada al voleo y a la fertilización potásica, la máxima eficiencia se obtuvo con la dosis de 131 kg de N/ha y 137 kg de K<sub>2</sub>O/ha, correspondiendo a las producciones de 14.2 y 13.6 kg/ha de espigas, respectivamente. La hoja de la espiga resultó ser la más adecuada para el diagnóstico de la nutrición con N y con K. Las concentraciones de N y K consideradas adecuadas están situadas dentro de dos intervalos: 31.9 a 33.9 y 15.9 a 17.4 g/kg, respectivamente. Por otro lado, la máxima producción de espigas estuvo asociada con una concentración de K en el suelo de 1.46 mmolc/dm<sup>3</sup>. La adición de K redujo significativamente los contenidos de Ca y Mg en la hojas. ↘

## CURSOS Y SIMPOSIOS

### 1. Conferencia de Agricultura de Precisión InfoAg 2003

**Organiza** : PPI – FAR  
**Lugar y Fecha** : Indianápolis, USA  
 30 Julio - 1 Agosto, 2003  
**Información** : Phyllis Pates  
 Tel: 605 692 6280  
 E.mail: ppates@ppi-far.org

### 2. Conferencia Internacional de tecnología del potasio: Potash83 – Duodécimo Aniversario

**Organiza** : Univesidad de Saskatchewan  
**Lugar y Fecha** : Saskatoon, Canadá  
 Septiembre 15-18, 2003  
**Información** : Jim Sadler  
 potash.2003@usask.ca

### 3. Taller de tecnología de producción de fertilizantes fosfatados

**Organiza** : Hotel Best Western County House  
**Lugar y Fecha** : Bruselas, Bélgica  
 Septiembre 15-19, 2003  
**Información** : hrd@ifdc.org

### 4. 2do Simposio Internacional: Dinámica del fósforo en el suelo y las plantas

**Organiza** : University of Western Autralia  
**Lugar y Fecha** : Pertch, Western Australia  
 Septiembre 21-26, 2003  
**Información** : Dr. Zed Rengel  
 Tel: 61 89 380 2757  
 E-mail: zrengel@agric.uwa.edu.au

### 5. Seminario de administración de comercialización de fertilizantes

**Organiza** : Programa de capacitación del IFDC  
**Lugar y Fecha** : Vietnam  
 Octubre 13-24, 2003  
**Información** : hrd@ifdc.org

### 6. Taller internacional de alternativas de producción de fertilizantes NPK

**Organiza** : IFDC  
**Lugar y Fecha** : Brasil y Argentina  
 23 Octubre - 5 Noviembre, 2003  
**Información** : Tel: 001 256 381 6600  
 E-mail: hrd@ifdc.org  
 Web site: www.ifdc.org

### 7. Conferencia Fertilizantes Cono Sur British Suphur

**Organiza** : Conrad Resort  
**Lugar y Fecha** : Punta del Este, Uruguay  
 Diciembre 7-9, 2003  
**Información** : Mati Díaz  
 matty.diaz@crgroup.com

### 8. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

**Organiza** : Facultad de Ciencia Agropecuarias  
**Lugar y Fecha** : Paraná, Argentina  
 Junio 22-25, 2004  
**Información** : xixcacs@fca.uner.edu.ar  
 xixcacs@paran.inta.gov.ar

### 9. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo

**Organiza** : Centro Internacional de Convenciones  
**Lugar y Fecha** : Cartagena de Indias, Colombia  
 26 Septiembre – 1 Octubre, 2004  
**Información** : Dr. Germán Peñalosa  
 scsuelo@cable.net.co  
 Dr. Alvaro García  
 scsueloagarcia@uniweb.net.co

### 10. Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo

**Organiza** : Universidad de Loja  
**Lugar y Fecha** : Loja, Ecuador  
 Octubre 6-8, 2004  
**Información** : Ing. Bosco Bravo  
 bravo@interactive.newt.ec  
 Dr. José Espinosa  
 jespinosa@ppi-ppic.org

# NUESTRO SITIO WEB:

## <http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf>

El sitio de Internet del Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI) y del Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá (PPIC) está en constante cambio.

El sitio de las oficinas para América Latina - [www.inpofos.org](http://www.inpofos.org) - 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 Intensificación de la agricultura
- 2 Nutrientes inorgánicos y orgánicos
- 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 la K en banano
- 4 Respuesta del banano al potasio
- Plátano**
- 1 Plátano altas densidades - Nueva opción
- 2 Fertilización plátano altas densidades
- Papa**
- 1 Respuesta de la papa al P en suelos volcánicos
- 2 Respuesta de la papa al K en suelos volcánicos
- Café**
- 1 Deficiencia en café
- 2 Fertilización del café

### What's New

**Publicaciones de INPOFOS**  
**Requerimientos nutricionales del banano - Fósforo**  
**Requerimientos nutricionales del banano - Potasio**  
**Requerimientos nutricionales del banano - Azufre**



IMAGE GALLERY



PRESENTATIONS







### Regional Update



**Increased banana fruit exports** Ecuadorian banana fruit exports has steadily increased during the last three years. In 2002, total income was 14 percent higher (US\$ 981.4 million) compared with 2001 (US\$ 864.5 million). Total income is presently approaching levels achieved around 1997 which marked the previous high.

**Dr. José Espinosa**      [Past Updates](#)

#### Nueva publicación - Nutrición y fertilización de pastos

El trópico depende de los pastos para atender la demanda de proteína animal de una población en constante crecimiento. Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes. De igual manera, discute las alternativas para minimizar el efecto de las condiciones adversas en la búsqueda de competitividad en un mundo globalizado.

#### Nutri - Verdades

Serie de trípticos que discuten concretamente la dinámica de los nutrientes en la planta y en el suelo. Estos trípticos son excelente material para enseñanza.

#### Efecto del fósforo en la humedad del grano de maíz a la cosecha

La fertilización con fósforo ofrece múltiples beneficios a la producción de maíz incluyendo rendimientos altos, madurez temprana, bajo nivel de humedad del grano al momento de la cosecha y mayor rentabilidad. Las plantas de maíz deficientes en P producen menores rendimientos y maduran más tarde que las plantas que reciben niveles adecuados de P. Con frecuencia, el rol del P en la madurez del cultivo se pasa por alto al analizar los beneficios económicos de este nutriente. Este artículo presenta datos que demuestran este efecto.

## PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo

- |   |          |   |
|---|----------|---|
| <p>☞ <b>NUEVA PUBLICACION:</b> <b>Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos.</b> Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes.</p>            | \$ 15.00 |    |
| <p>☞ <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.</p>  | \$ 8.00  |   |
| <p>☞ <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.</p>   | \$ 8.00  |    |
| <p>☞ <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.</p>  | \$ 4.00  |   |
| <p>☞ <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.</p> | \$ 8.00  |   |
| <p>☞ <b>Manual de Nutrición y Fertilización del Café.</b> Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del cafeto como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.</p>   | \$ 20.00 |   |
| <p>☞ <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.</p>   | \$ 15.00 |  |
| <p>☞ <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.</p>  | \$ 4.00  |   |
| <p>☞ <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.</p>  | \$ 5.00  |  |
| <p>☞ <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.</p>  | \$ 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@corpomisti.com.pe. Lima, Perú.

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

