

# INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION  
**INPOFOS** K P  
EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO  
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE



No. 30

● ENERO 1998

## EL POTASIO EN LA PALMA ACEITERA

Ernst W. Mutert\*

### Introducción

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) sobrepasa largamente a otras especies en su habilidad para interceptar energía solar y transformarla en aceite vegetal (Tabla 1). El rendimiento comercial más alto hasta la fecha se ha reportado en Malasia (1990) con 46 t/ha de racimos de fruta fresca (RFF), equivalentes a 10.6 t/ha de aceite crudo de palma (ACP) de híbridos Dura x Tenera (Tabla 3). Con plantas clonadas en el laboratorio, que se espera entren en uso comercial a finales de la década de 1990, el potencial de rendimiento está entre 12 y 16 t de aceite/ha/año durante el período de mayor producción (años 6 al 10

después de la siembra). Al momento, el mejor promedio de rendimiento, basado en el normal período de vida económica de la planta (25 a 30 años), es de 5 a 6 t de aceite/ha (Tabla 2). El aceite se obtiene del mesocarpo fresco de la fruta (45-55%) y de la almendra (50%). Normalmente la tasa de extracción de aceite de un racimo maduro de fruta fresca es de 20 a 24%.

La producción de aceite de palma se ha duplicado entre 1980 y 1990 (Tabla 4). Al momento, más del 80% del ACP es producido en Malasia e Indonesia. Los países de mayor consumo son: India, Pakistán, China e Indonesia.

**Tabla 1. Comparación de los rendimientos récord de varios cultivos (Corley, 1983; 1985).**

Cultivo	Rendimiento (t/ha/año)
Palma aceitera	10-12
Girasol	4-5
Olivo	3-4
Colza	3-4
Soya	2-3

La palma aceitera se cultiva en las tierras bajas de los trópicos húmedos (15° N a 15° S) con precipitaciones que varían entre 1800 a 5000 mm distribuidas uniformemente durante el año. Este cultivo se adapta a un amplio rango de suelos, pero es sensitivo a pHs altos (>7.5) y al exceso de agua en el suelo. Esta planta perenne es una de las más productivas y la alternativa menos destructiva para cultivarse en áreas de bosques degradados o áreas deforestadas en los trópicos. La palma ha demostrado un muy positivo balance anual de energía cuando se compara con otros cultivos que producen aceite (la relación ingreso: salida de energía es igual a 1:9.5). Debido a esto se ha convertido en la más prometedora fuente de energía renovable para el futuro.

### CONTENIDO

	Página
● El potasio en la palma aceitera	1
● Importancia de la fertilización en la calidad de los productos agrícolas	7
● Experimentos simples en la finca - análisis y uso práctico	14
● Reporte de Investigación Reciente	17
● Cursos y Simposios	19
● Publicaciones de INPOFOS	20

Editado por: Dr. José Espinosa

\* Director de la oficina para el Sur Este Asiático del Instituto de la Potasa y el Fósforo. 126 Watten Estate Road, Singapore.



**Tabla 2. Parámetros actuales de producción de varios cultivos (Corley, 1983; 1985).**

Cultivo	Producto	Promedio de rendimiento (t/ha)	Período inmaduro (años)	Vida económica (años)
Palma aceitera	aceite	5-6	2.5	25-30
Coco	copra	2-3	2.5-7	>70
Cacao	grano	1-1.25	1.5	30-70
Caucho	látex	2	5	25-30
Yuca	almidón	10	-	0.5-2

**Tabla 3. Rendimiento potencial y rendimiento récord de varios cultivos (Corley, 1983; 1985).**

Cultivo	Producción total de materia seca (t/ha/año)	Rendimiento potencial de producción económica (t/ha/año)	Mejor rendimiento actual (t/ha/año)
Palma aceitera	46	17	10.6
Coco	51	13	6.3
Cacao	46	15	5.0
Caucho	56	11	6.1
Yuca	64	40	2.5

### Papel de potasio en la generación de rendimiento

El rendimiento de la palma aceitera depende básicamente de la eficiencia de las sucesivas etapas de conversión de energía solar en un producto económico que es el aceite.

Se conoce en fisiología vegetal que el potasio ( $K^+$ ) es el catión más importante, no solamente por su contenido en los tejidos de la planta, sino también por su interven-

ción en funciones fisiológicas y bioquímicas. El  $K^+$  participa en el crecimiento de los tejidos meristemáticos y es de destacada importancia en el control del agua en la planta. Se ha demostrado el claro efecto del  $K^+$  en la tasa de asimilación de  $CO_2$ . La principal función bioquímica del  $K^+$  es la activación de varios sistemas enzimáticos.

En Malasia se han estudiado los efectos individuales de los nutrientes en el crecimiento y producción. El incremento en las dosis de K, en

presencia de nitrógeno (N) produjo un claro efecto sinérgico en la intercepción de la luz por las hojas de la palma.

Consecuentemente, se afectó positivamente la eficiencia de la conversión de la energía interceptada en la materia seca, la misma producción de materia seca y la relación del peso seco de los racimos con la materia seca total (relación de partición) (Tabla 5).

Este efecto positivo de K en el rendimiento se demuestra en forma similar en la Figura 1 que presenta la relación lineal entre el contenido de K en los racimos y el peso de los racimos frescos.

Trabajos de investigación conducidos en el norte de Sumatra, reportaron incrementos significativos de rendimiento como resultado de la aplicación de dosis crecientes de  $K^+$ . Este hecho se reflejó en el incremento foliar de K en un período de 5 años (años 5 al 9) en un suelo de baja fertilidad (0.3 meq K/100g de suelo) (Taniputra y Panjaitan, 1981) (Tabla 6).

### Absorción de nutrientes

La Figura 2 muestra la dinámica típica de la absorción de N, fósforo (P), K y magnesio (Mg) durante los primeros 10 años después de la siembra de palma aceitera. Se estima que la producción total de

**Tabla 4. Producción de aceite de palma de 1979 a 1981 y en 1990 (FAO, 1991).**

País	Aceite crudo de palma (miles de toneladas)		Incram. (%)	Participac. 1990 (%)	Aceite de almendra (miles de toneladas)		Incram. (%)	Participac. 1990 (%)
	1979-81	1990			1979-81	1990		
Mundo	5033	11084	120	100	1737	3468	100	100
Africa	1338	1672	25	15	680	675	-1	19
América	191	631	130	6	231	373	16	11
Asia	3448	8527	147	77	718	2359	229	68
Oceanía	56	164	93	2	19	62	226	2
SE Asiático	3282	8312	153	75	677	2339	251	67
Malasia	2529	6095	141	55	540	1845	242	53
Indonesia	721	1937	169	17	130	426	228	12



**Tabla 5. Respuesta de la palma a la aplicación de nitrógeno y potasio en Malasia.**

Tratamiento	Intercepción de la luz f(%)	Eficiencia de conversión e(g/MJ)	Producción de materia seca (t/ha/año)	Relación de partición P(%)
N <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	89.6	0.99	28.0	41.4
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	93.2	1.25	36.6	44.8
N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	93.0	1.26	37.0	44.5

f = Fracción total de energía solar interceptada por las hojas de la palma.  
e = Eficiencia de la conversión de energía.  
P = Relación de partición (materia seca total/materia seca de los racimos).

**Tabla 6. Efecto de la fertilización en el rendimiento y en el contenido foliar de K (promedio de 5 años) en un suelo potsolico del Norte de Sumatra (Taniputra y Panjaitan, 1981).**

Tratamiento	Rendimiento (tRFF/ha/año)	Rendimiento relativo (%)	Contenido de K en las hojas (%)
K <sub>0</sub>	15.82	100	0.87
K <sub>1</sub>	18.36**	116	1.10
K <sub>2</sub>	19.38**	123	1.16

K<sub>0</sub> = 0, K<sub>1</sub> = 1.5, K<sub>2</sub> = 3.0 kg KCl/palma/año, respectivamente  
\*\* = Significativo al 1%

materia seca en el segundo año es 8 veces más alta que en el primero.

De igual manera, los requerimientos de nutrientes, especialmente K, se incrementan rápidamente durante la fase inmadura de las plantas (0-3 años) y tienden a estabilizarse solamente después del quinto año. La distribución de los

nutrientes absorbidos dentro de las diferentes partes de la planta se presenta en la Tabla 7.

Aproximadamente 100 kg de K<sub>2</sub>O por hectárea se inmovilizan anualmente en la planta y son exportados en una cosecha de 25 t de RFF.

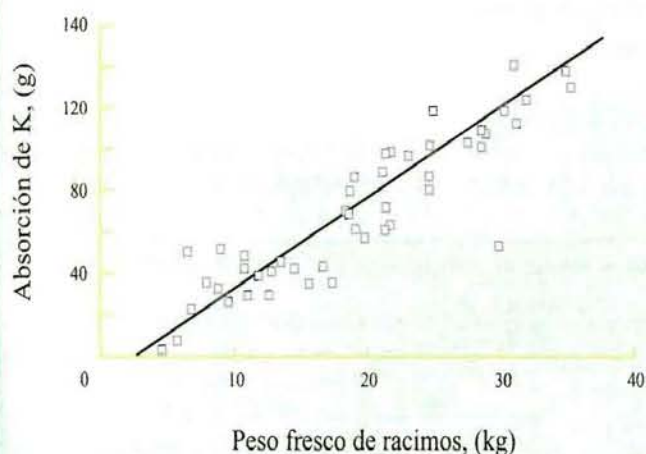
## Síntomas de deficiencia de K

En muchos suelos (especialmente en suelos arenosos y en suelos de turba) la falta de K es el factor más limitante del rendimiento de la palma. Los contenidos adecuados de K en la hoja 17 varían entre 0.9 a 1.3% en los folíolos y de 1.3 a 1.6% en el raquis.

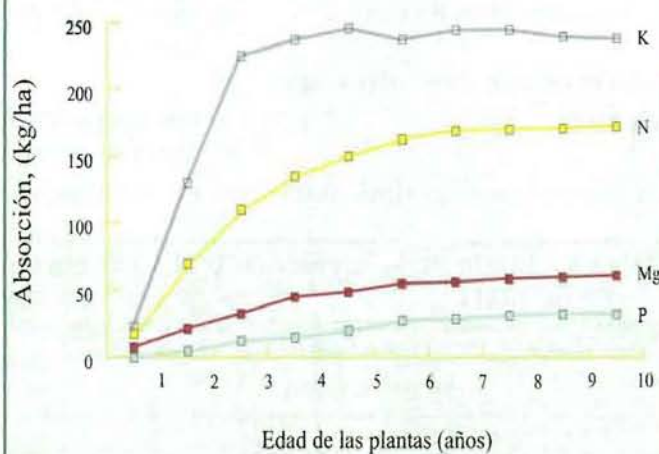
El síntoma más común de deficiencia de K son las manchas anaranjadas que se inician con el desarrollo de puntos irregulares de color amarillo pálido en los folíolos de las hojas viejas. Finalmente estos puntos se juntan y se vuelven necróticos.

Aún cuando la presencia de fajas blancas a ambos lados de la nervadura central de los folíolos no se considera como una típica deficiencia de K, esta sintomatología es probablemente causada por un desbalance N/K (exceso de N) o por falta de boro (B).

Una fuente adecuada de K es el cloruro de potasio (KCl). Esta fuente tiene el beneficio extra de contener cloro (Cl), un elemento esencial y a menudo deficiente en los suelos donde se cultiva palma. Las dosis de aplicación varían de 1



**Figura 1. Relación entre el contenido total de K en el racimo y el peso fresco de racimos (Ng y Thamboo, 1967).**



**Figura 2. Absorción de nutrientes por la palma aceitera en los primeros 10 años después de la siembra (Ng, 1977).**



**Tabla 7. Estimados de la absorción de nutrientes de palmas adultas (Ng, 1972).**

Componente	N	P	K	Mg	Ca
	----- kg/ha/año -----				
Material vegetativo (acumulación neta)	40.9	3.1	55.7	11.5	13.8
Hojas podadas	67.2	8.9	86.2	22.4	61.6
Racimos de fruta (25 t)	73.2	11.6	93.4	20.8	17.5
Inflorescencia masculina	11.2	2.4	16.1	6.6	4.4
Total	192.5	26.0	251.4	61.3	99.3

a 5 kg de KCl/palma/año, dependiendo de la edad de las palmas, el tipo de suelo y el potencial de rendimiento.

Otra buena fuente de K son los racimos vacíos de frutas (RVF) provenientes de la extractora. Este material se aplica en una capa sobre la superficie en las interlíneas. Treinta toneladas de RVF suplementan solamente el equivalente a 120-180 kg de KCl, pero proveen de un excelente mulch mejorando las condiciones de retención de agua y contenido de materia orgánica, lo que es esencial en áreas tropicales donde existe un período seco o en áreas de suelos arenosos. Sin embargo, la mala distribución y especialmente la aplicación de cantidades muy altas pueden llevar a un desbalance nutricional debido a la mineralización incontrolada de N proveniente de los RVF.

### Interacciones con otros nutrientes

Un efecto sinérgico típico de una

interacción positiva entre N y K se presenta en la Tabla 8. Se observa que el K y el N aplicados individualmente afectan negativamente la producción de fruta, mientras que la interacción lleva a un mejoramiento muy interesante de la producción de RFF y de materia seca de la parte vegetativa de las palmas.

Efectos antagonísticos y sinérgicos se presentan también en la Tabla 9. En este ejemplo, en un suelo arenoso de baja fertilidad en el Norte de Brasil, la fertilización con P, usando superfosfato triple, causó un incremento en el contenido foliar de P y calcio (Ca), pero una reducción en el contenido de K. Una aplicación combinada de P y K (superfosfato triple + muriato de potasio) mejoró el contenido foliar de K y Cl (así como el rendimiento), pero redujo el contenido foliar de Mg a niveles más bajos que el nivel crítico.

Los resultados analizados anteriormente presentan evidencias de que los nutrientes aplicados con dife-

rentes fuentes (fertilizantes) a un sistema suelo-planta interaccionan y compiten con otros nutrientes en el sistema, con respecto a la mecánica y a la dinámica de absorción. Se debe considerar que al mismo tiempo cada fuente también introduce en el sistema otros cationes y aniones. El sistema puede reaccionar en forma inesperada y favorecer efectos antagonísticos que pueden causar desbalances y hasta pueden reducir el rendimiento. El análisis de suelo y el análisis foliar, así como los datos de rendimiento a largo plazo, son medios que permiten monitorizar el sistema exitosamente.

### Nutrición con K para rendimientos altos

Tratando de maximizar el potencial genético de los híbridos de palma aceitera en las condiciones prevalentes en Malasia, Ng, et al. (1990) desarrollaron una base de datos que describe las aplicaciones de nutrientes esenciales en tres diferentes tipos de suelos. En las Tablas 10, 11 y 12 se presentan las principales características de estos tres suelos y los requerimientos de N, P, K, Mg, B, cobre (Cu), Ca para palmas inmaduras y palmas maduras para lograr máximos rendimientos de aceite. Los autores han probado, en plantaciones comerciales, que se pueden obtener rendimientos de aceite de 6 a 10 t/ha/año, con un alto retorno económico, basándose en una juiciosa aplicación de nutrientes al

**Tabla 8. Efecto de la interacción N/K en el rendimiento y en la acumulación de materia seca de palma (Chan, 1981).**

Tratamiento	Rendimiento (kg/palma/año)		Tratamiento	Rendimiento (kg/palma/año)		Tratamiento	Rendimiento (kg/palma/año)	
	RFF	MSV		RFF	MSV		RFF	MSV
N <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	71.6	88.9	N <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	68.4	96.6	N <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	79.1	106.4
N <sub>0</sub> K <sub>1</sub>	65.3	84.0	N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	95.2	117.4	N <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	95.8	120.0
N <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	66.3	89.2	N <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	95.8	119.4	N <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	98.6	123.0



cultivo durante el ciclo económico de crecimiento.

Dosis de aplicación de K de hasta 500 kg de  $K_2O/ha$  (700 en suelos de turba) resultaron en rendimientos promedio récords de 6.26 toneladas de ACP por hectárea, en 1300 hectáreas del suelo I

(Kandiuquult), en el año 6 después de la siembra, 6.28 t de ACP/ha, en 670 hectáreas en el suelo II (Dystropept), en el año 7 y 6.56 t de ACP/ha, en 180 hectáreas en el suelo III (Dystropept), en el año 7. Los rendimientos más altos de un bloque comercial reportado por los autores fue de 9.32 t de ACP/ha.

La inclusión del 12% adicional de aceite de almendra obtenido hubiese resultado en un rendimiento total de aceite de 10.44 t de ACP/ha.

La Figura 3 presenta el desenvolvimiento anual de los rendimientos promedios de ACP en los 3 suelos discutidos anteriormente, en comparación con la curva de producción de un suelo arcilloso de clase I (testigo). Los datos demuestran la ventaja de esta tecnología de precisión aun en suelos con pobres contenidos de nutrientes. En comparación con el suelo de referencia, el manejo optimizado de nutrientes en los otros suelos resultó en un incremento acumulado de rendimiento de aproximadamente 10 t de ACP/ha entre los años 8 y 10 después de la siembra (Figura 4).

**Tabla 9. Efecto de la interacción P/K en el rendimiento y en el contenido foliar de nutrientes de la palma en un Tropopsammit en el Norte de Brasil (Pacheco et al., 1985).**

Tramt.	Rendim. RFF (t/ha/año)	Contenido foliar				
		P	K	Ca	Mg	Cl
----- (%) -----						
P <sub>0</sub>	n.a.	0.14	1.11	0.87	n.a.	n.a.
P <sub>1</sub>	n.a.	0.17	0.88	1.08	n.a.	n.a.
P <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	13.3	n.a.	0.65	n.a.	0.36	0.25
P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	15.9	n.a.	1.00	n.a.	0.28	(0.45)
P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	18.0	n.a.	1.18	n.a.	0.18	(0.65)

P<sub>1</sub> = 83 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (SFT); K<sub>1</sub> + 150, K<sub>2</sub> = 215 kg K<sub>2</sub>O/ha (KCl), respectivamente  
n.a. = No analizado

**Tabla 10. Características de los suelos y de las condiciones ambientales de los sitios donde se buscó explotar todo el potencial de rendimiento de palma aceitera en Malasia.**

Tipo de suelo	Lluvia anual (mm)	Déficit anual (mm)	Limo + arcilla (%)	pH	N (%)	P* <sub>disp.</sub> ppm	P <sub>total</sub>	K <sub>intercam.</sub>	Mg <sub>intercam.*</sub>	K** <sub>extractab.</sub>
I	2582	97	70	4.3	0.07	11	350	0.22	0.22	0.75
II	2921	99	11	4.9	0.12	3	120	0.12	0.12	0.25
III	2638	83	-	3.9	1.5	15	280	0.15	2.05	0.25

I = Acric Kandiaquult, II = Oxie dystropept & III = Tropofibris  
\* Bray 2, \*\* 6 NHCl; Muestras de 0-30 cm

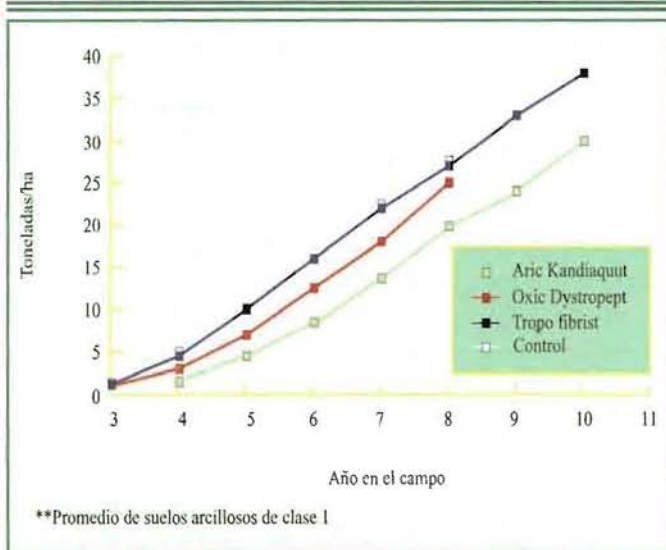
**Tabla 11. Requerimientos nutricionales para palmas inmaduras en los sitios donde se buscó explotar todo el potencial de rendimiento de palma aceitera en Malasia.**

Tipo de suelo	Edad de la planta meses	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuSO <sub>4</sub>	CaO
----- kg/ha/año -----								
I	13-14	60-120	75-110	65-195	12-20	4-8	-	20-40
II	13-14	50-100	80-120	120-200	20-40	6-12	-	40-60
III	14-15	50-100	65-80	140-260	-	6-12	1-2	140-230

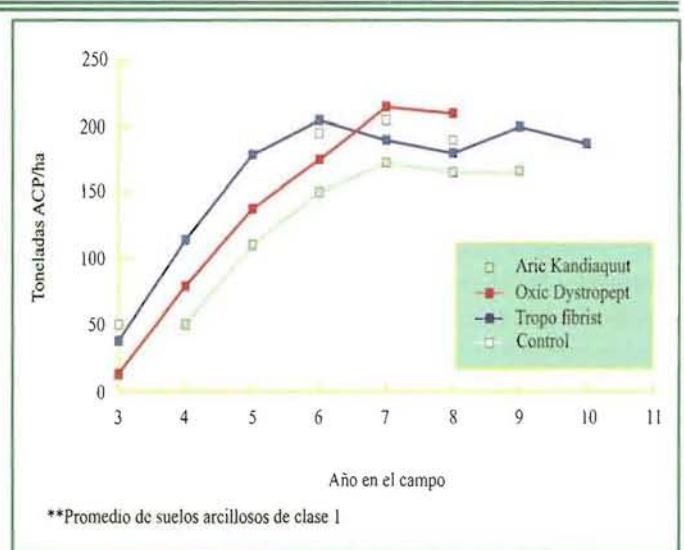
**Tabla 12. Requerimientos nutricionales para palmas maduras en los sitios donde se buscó explotar todo el potencial de rendimiento de palma aceitera en Malasia.**

Tipo de suelo	Población palmas/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuSO <sub>4</sub>	CaO
----- kg/ha/año -----								
I	148	170-230	70-90	220-310	25-35	8-12	-	40-60
II	148	170-210	100-130	400-500	45-60	12-16	-	60-80
III	158	120-160	50-70	550-700	0-10	13-18	3-5	300-400





**Figura 3. Máxima explotación del potencial genético del rendimiento anual de aceite de palma en tres suelos diferentes en Malasia.**



**Figura 4. Máxima explotación del potencial genético del rendimiento acumulado de aceite de palma en tres suelos diferentes en Malasia.**

### Conclusión

La óptima respuesta al suplemento de nutrientes se refleja en altos rendimientos tempranos en el ciclo y en el mantenimiento de los picos de rendimiento en el período más largo posible. Esto solamente se puede lograr cuando la nutrición de la palma se integra dentro de un sistema de buen manejo agronómico del cultivo y del suelo. El K es esencial en este manejo integral para mantener un balance productivo entre nutrición e índice de área foliar.

### Bibliografía

- Chan, K. W., 1981. Nitrogen requirements of oil palms in Malaysia: fifty years of experiments conducted by Guthries, 119-141, In: E. Pushparajah and P. S. Chew: The oil palm in agriculture in the eighties, Vol II, Inc. Soc. Of Planters, Kuala Lumpur.
- Corley, R.H.V. Yield Potentials of Plantation Crops. Proc. 19th Coll. Int. Potash Inst., 61-95, 1985.
- FAO, Production Yearbook, Vol 44, Rome, 1991.
- Hartley, C.W.S. 1988. The Oil

Palm, Third Edition, Longman, London, N. Y.

Mengel, K. and E. E. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition, 4th Ed., Int. Potash Inst., Berne.

Ng, S. K. and S. Tamboo. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaya, In: Nutrients required for reproduction: fruit bunches and male inflorescences, Malay. Agric. J. 46, 3-45.

Ng, S. K. 1972. The oil palm, its culture, manuring and utilisation, Berne.

Ng, S. K., H. R. von Uexkull, K. C. Thong, and S. H. Ooi. 1990. Maximum exploitation of genetic yield potentials of some major tree crops in Malaysia, Proc. Symp. On Maximum Yield Research, Satellite Symp., 14th I.S.S.S Congr., Kyoto, 120-128.

Ollagnier, M. and R. Ochs. 1981. Management of mineral nutrition on industrial oil palm plantations - fertilizer sa-vings. In: E. Pushpara-jah and P.S. Chew (Eds.) The oil palm in agriculture in the eighties. Vol II., Inc. Soc. Planters, Kuala Lumpur.

Taniputra, B. and A. Panjaitan. 1981. An oil

palm fertilizer experiment on yellowish-red podsolic soil in North Sumatra, 109-119, In: E. Pu Pushparajah and P.S. Chew (Eds.) The oil palm in agriculture in the eighties. Vol II., Inc. Soc. Planters, Kuala Lumpur.

Teoh, K. C. and P. S. Chew. 1988. Use of rachis analysis as an indicator of K nutrient status in oil palm, 262 - 271, Proc. 1987. Int. Oil Palm conference., Palm oil Res. Inst. Of Malaysia.

Von Uexkull, H. R. and T. H. Fairhurst. 1991. The oil Palm - Fertilizing for high yield and quality, IPI Bulletin No. 12, Berne.\*





# IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACION EN LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS AGRICOLAS

E. Malavolta\*

## Introducción

La práctica de fertilización procura cubrir la diferencia entre la concentración requerida de nutrientes en el suelo para óptimo crecimiento del cultivo y la concentración de nutrientes en el suelo antes de la fertilización.

Por otro lado, los nutrientes pueden desempeñar diversas funciones en la vida de la planta, determinando o influyendo diferentes procesos (Figura 1). La suma de esas funciones es responsable del proceso total de formación de la cosecha y muchas veces de la calidad del producto recolectado. Esto se discutirá en detalle más adelante.

En este artículo, calidad se define de la siguiente forma: "Conjunto de características químicas relacionadas con el valor nutritivo, industrial o comercial del producto agrícola". Esta definición admite que características muy distintas, como el contenido de proteína del grano, el color externo, el sabor de un fruto o el perfume de una flor

son consecuencia de la composición química de las mismas.

## Función de los elementos en la planta

Los nutrientes esenciales para las plantas son exclusivamente inorgánicos. Los criterios para que un elemento sea considerado como nutriente esencial para las plantas son los siguientes:

1. La carencia del elemento hace imposible que la planta complete su ciclo de vida.
2. Las características de la deficiencia son específicas para cada elemento.
3. El elemento está directamente envuelto en la nutrición de la planta o es requerido para la activación de sistemas enzimáticos.

En la actualidad, los siguientes elementos satisfacen los criterios directos o indirectos de esencialidad:

Macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S  
Micronutrientes B, Cl, Co, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn, (Na, Se, Si).

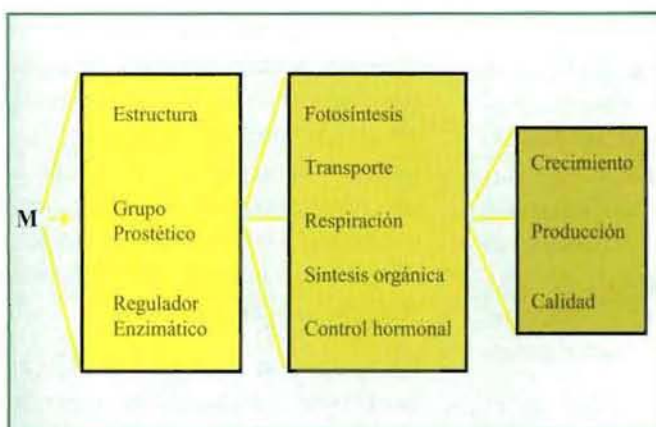
productos agrícolas (Malavolta, 1987, 1988).

## Fertilización y calidad

Este artículo no pretende hacer una revisión exhaustiva de los efectos de los elementos minerales en la calidad de los productos agrícolas. Se espera más bien explicar el efecto de la utilización de nutrientes usando datos provenientes de la literatura, de experimentación o de experiencia práctica, basándose en el entendimiento de las funciones de los nutrientes en los diversos cultivos e integrándolos con otros conocimientos de Fisiología y Anatomía Vegetal. Por ello se recomienda tener a mano algunos textos de Fisiología Vegetal como Bidwell (1979) o Heller (1985), y claro algunos de Nutrición Mineral de Plantas como Malavolta (1980), Mengel & Kirkby (1987), Marschner (1986).

## Efecto de la fertilización en la calidad de la naranja

En naranja, existe gran dificultad para conciliar con fertilización la productividad y la calidad de la fruta para consumo. Esto se debe a que estas dos variables no trabajan juntas. Cuando se incrementa el rendimiento de fruta por hectárea por medio de la fertilización (nitrogenada y potásica), generalmente se reduce el tamaño de la fruta, la resistencia al almacenamiento y transporte, el color externo e interno, el volumen de jugo y la relación azúcar/acidez. Este problema es de poca importancia cuando la fruta se destina a la industria del jugo, que es menos exigente que el mercado de fruta fresca. La Tabla 3 resume el efecto



**Figura 1. Representación esquemática del papel de los macro y micronutrientes (M) en el proceso de formación de la cosecha y en la calidad de los productos agrícolas.**

Los criterios de esencialidad para los tres elementos entre paréntesis (Na, Se y Si) aún se hallan en discusión.

Las Tablas 1 y 2 resumen las funciones de los macro y micronutrientes, lo que ayudará a entender el efecto de la fertilización en la calidad de los pro-

\* Adaptado de: Malavolta, E. 1994. Importancia da adubacao na qualidade dos produtos - funcao dos nutrientes na planta. En M. Eustaquio de Sá e S. Buzzeti. Importancia da adubacao na qualidade dos produtos agricolas. Sao Paulo: Icone, 1994.



**Tabla 1. Macro y micronutrientes como compuestos estructurales.**

Compuestos	Funciones	Compuestos	Funciones
<p style="text-align: center;"><b>Nitrógeno</b></p> Aminoácidos y proteínas Bases nitrogenadas y ácidos nucleicos Enzimas, coenzimas y vitaminas Glico y lipoproteínas Pigmentos y productos secundarios		<p style="text-align: center;"><b>Boro</b></p> Esteres condifenoles, carbohidratos y azúcares - P	
<p style="text-align: center;"><b>Fósforo</b></p> Esteres de carbohidratos Fosfolípidos Nucleótidos y ácidos nucleicos Coenzimas		<p style="text-align: center;"><b>Cloro</b></p> Acutumina, acutumidina Jacumina Acido C1-indolacético	
<p style="text-align: center;"><b>Potasio</b></p> Predominante en forma iónica		<p style="text-align: center;"><b>Cobalto</b></p> Vitamina B12 y derivados	
<p style="text-align: center;"><b>Calcio</b></p> Pectato (lamela media) Carbonato Oxalato Filato Calmodulinas		<p style="text-align: center;"><b>Cobre</b></p> Proteínas azules (azurina, estelacianina, umecianina) Glicoproteínas	
<p style="text-align: center;"><b>Magnesio</b></p> Clorofilas		<p style="text-align: center;"><b>Hierro</b></p> Quelatos con ácidos di y tricarbónicos Fotoferritina (con P) Hemoglobina	
<p style="text-align: center;"><b>Azufre</b></p> Aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, taurina) Proteínas (todas) Vitaminas y coenzimas (tiamina, biotina) Esteres con polisacáridos (membranas)		<p style="text-align: center;"><b>Manganeso</b></p> Manganina	
		<p style="text-align: center;"><b>Silicio</b></p> SiO <sub>2</sub> hidratado	
		paredes celulares inclusive tubos polínicos	

de la fertilización en la calidad de la naranja, y las Figuras 2 y 3 intentan demostrar la relación existente entre el contenido foliar de nutrientes y algunas de las características de la fruta. No es posible explicar el efecto de los elementos a nivel molecular o a nivel fisiológico en todos los casos.

### 1) Nitrógeno

En la práctica, el efecto predominante de la aplicación de nitrógeno (N) es la disminución en el tamaño de frutos, compensado por el aumento en el número de los mismos. Es posible que el N cause menor aborto de flores y que el suplemento de esqueletos carbónicos mediante la fotosíntesis sea insuficiente para hacer crecer todas las frutas. A propósito, hay que recordar que el índice de área foliar

de los cítricos está alrededor de 7-8 y son necesarias 20 a 25 hojas para alimentar un fruto.

### 2) Fósforo

Las frutas carentes en fósforo (P) poseen el mesocarpo significativamente más grueso. Posiblemente existe un desvío de esqueletos carbónicos para formar polisacáridos de peso molecular más elevado en el mesocarpo, en lugar de ser acumulados como sólidos solubles, cuyo contenido en el jugo disminuye.

### 3) Potasio

La falta de potasio (K) disminuye marcadamente el tamaño del fruto, siendo éste el síntoma más sensible de carencia de este elemento. En condiciones de carencia de K

existe menor transporte de asimilados para el fruto (Figura 4) y en consecuencia menos agua. A su vez, la falta de regulación en el cierre y apertura de los estomas provoca pérdida excesiva de agua por transpiración, lo que repercute en el crecimiento del fruto. La falta de K generalmente provoca un estancamiento excesivo del crecimiento de los frutos, especialmente en sequía, aparentando senescencia precoz.

La aplicación de K incrementa el tamaño de la fruta. El fruto grande significa mucho azúcar, fruta ácida y principalmente mucha agua, la cual probablemente es absorbida para mantener constante la concentración de los primeros.

Por otro lado, el excesivo suple-



**Tabla 2. Macro y micronutrientes en grupos prostéticos, como activadores y reguladores enzimáticos y como grupos activos.**

Reacción	Procesos	Reacción	Procesos
Como K <sup>+</sup> libre	<b>Potasio</b> Osmoregulación Apertura y cerrado de estomas Transporte de carbohidratos y de otros productos Fijación de dinitrógeno Reducción de nitrato Síntesis de proteína Respiración	Oxidasa de ascorbato Polifenol oxidasa Cresolasa, catecolasa Triosinasa, lacasa Plastocianina Oxidasa de diamino Oxidasa de citocromo Carboxilasa de ribulosa 1,5 - 2P	<b>Cobre</b> Metabolismo de fenoles Regulación hormonal  Fotosíntesis Respiración  Fotosíntesis
Quinasa pirúvica 6-P frutoquinasa Síntesis de glutatión Síntetasa de succinil CoA Síntetasa de clutamilcisteína Síntetasa de NAD <sup>+</sup> Síntetasa de formil hidrofosfato Deshidratasa de treonina Aldolasa Deshidrogenasa de aldehído Síntetasa de amido	Síntesis de péptidos  Síntesis de proteína  Respiración Indicada	Catalasas peroxidasas Citocromos Reductosa y oxidasa de Sulfito Ferrodoxina Deshidrogenasa succínica Nitrógenasa  Reductosa de nitrato Hidrogenasa Aconitasa	<b>Hierro</b> Respiración Fotosíntesis Síntesis de proteínas Fijación de dinitrógeno Asimilación de azufre
Activador de la ATPasa Alfa amilasa Fosfolipasa, poligalactosana y nucleasa	<b>Calcio</b> Absorción iónica  Hidrólisis		
Tioquinasa acética Quinasa pirúvica Hexoquinasa Enolasa Deshidrogenasa isocritica Descarboxilasa de piruvato Carboxilasa de ribulosa 1,5 - 2P Síntetasa de fosfopiruvato Síntetasa e transferasa de glutamilo	<b>Magnesio</b> Respiración      Fotosíntesis Respiración Síntesis de proteína	Síntesis de glutatión Activación de la metionina Síntetasa y transferasa del glutamilo ATPasa Enolasa Deshidrogenasa isocritica Pirofosforilasa Enzimas málica Oxidasa del ácido indolil acético	Síntesis de proteínas Absorción iónica  Respiración Síntesis de amido Fijación del CO <sub>2</sub> Control hormonal
Grupos S-H y S-S Ferrodoxina	<b>Azufre</b> Respiración Biosíntesis Fotosíntesis Síntesis proteica (estructura terciaria)	Reductosa del nitrato Nitrogenasa	<b>Molibdeno</b> Asimilación del nitrógeno Fijación del dinitrógeno
ATPasa de membrana Transformaciones de fenoles	<b>Boro</b> Absorción iónica Control hormonal Lignificación	Anhidrasa carbónica Isomerasa de fosfomanosa Deshidrogenasa láctica y alcoholica Aldolasa Carboxilasa pirúvica Síntetasa del triptófano Ribonucleasa	<b>Zinc</b> Equilibrio ácido-base Síntesis de carbohidratos  Respiración Control hormonal Síntesis de proteínas
Fotólisis de H <sub>2</sub> O	<b>Cloro</b> Fotosíntesis	Ureasa	<b>Niquel</b> Asimilación del nitrógeno Asimilación del CO <sub>2</sub>
Isomerasa de Metilmalonil CoA Mutasa de glutamato Deshidratasa de glicerol Deshidratasa de diol Mutasa de beta lisina Metionina - etileno	<b>Cobalto</b> Síntesis de núcleo pirrólico  Síntesis de proteína  Síntesis de proteína Control hormonal		<b>Sodio</b> Control hormonal (citoquininas)
			<b>Silicio</b> Osmoregulación Fertilidad del grano de polen



Tabla 3. Efecto de los elementos en la calidad de la naranja (1).

Características	N	P	K	Ca	Mg
<b>Jugo</b>					
Contenido	0a+	+	-	0	0
Sólidos Solubles (SS)	0a+	-	-	0	0a+
Acidez (A)	+	-	+a++	0	0a+
Relación SS/A	-	+	-	0	0
Color Rojo	+	?	0a+	?	?
Color Amarillo	+	?	0a-	?	?
Vitamina C	0	-	+	?	?
<b>Calidad externa del fruto</b>					
Tamaño	-	0a-	+a++	0	0
Peso	-	-	-	0	0
Color	+	-	+	0	+
Grosor de la cáscara	+	-	+	0	0
Defectos de la cáscara					
Cicatriz	-	0	0	?	?
Herrumbre	-	0	0	?	?
Rugosidad	+	0	-	?	?
<b>Pudrición en almacenamiento</b>					
Pudrición húmeda	-	0	-	?	?
Moho verde	-	0	0	?	?
Pudrición amarga	0	0	0	?	?
<b>Aceite de la cáscara</b>					
	+	?	-	?	?

(1) Fuente: Malavolta &amp; Violante neto (1988), basado en KOO (1979).

0 = Sin efecto, + = aumento; - = disminución

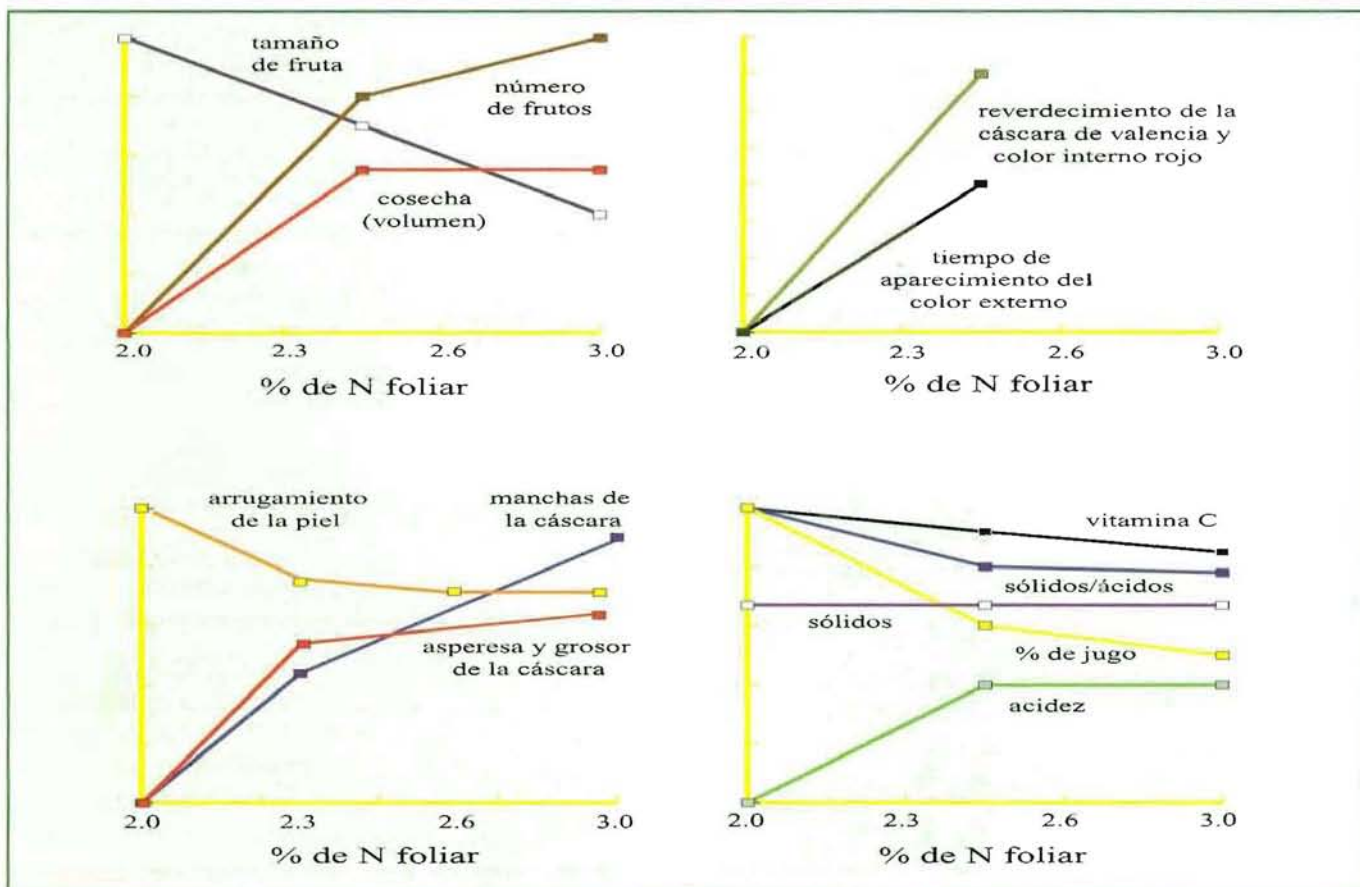


Figura 2. Relación entre los contenidos de N foliar y la calidad de la naranja.



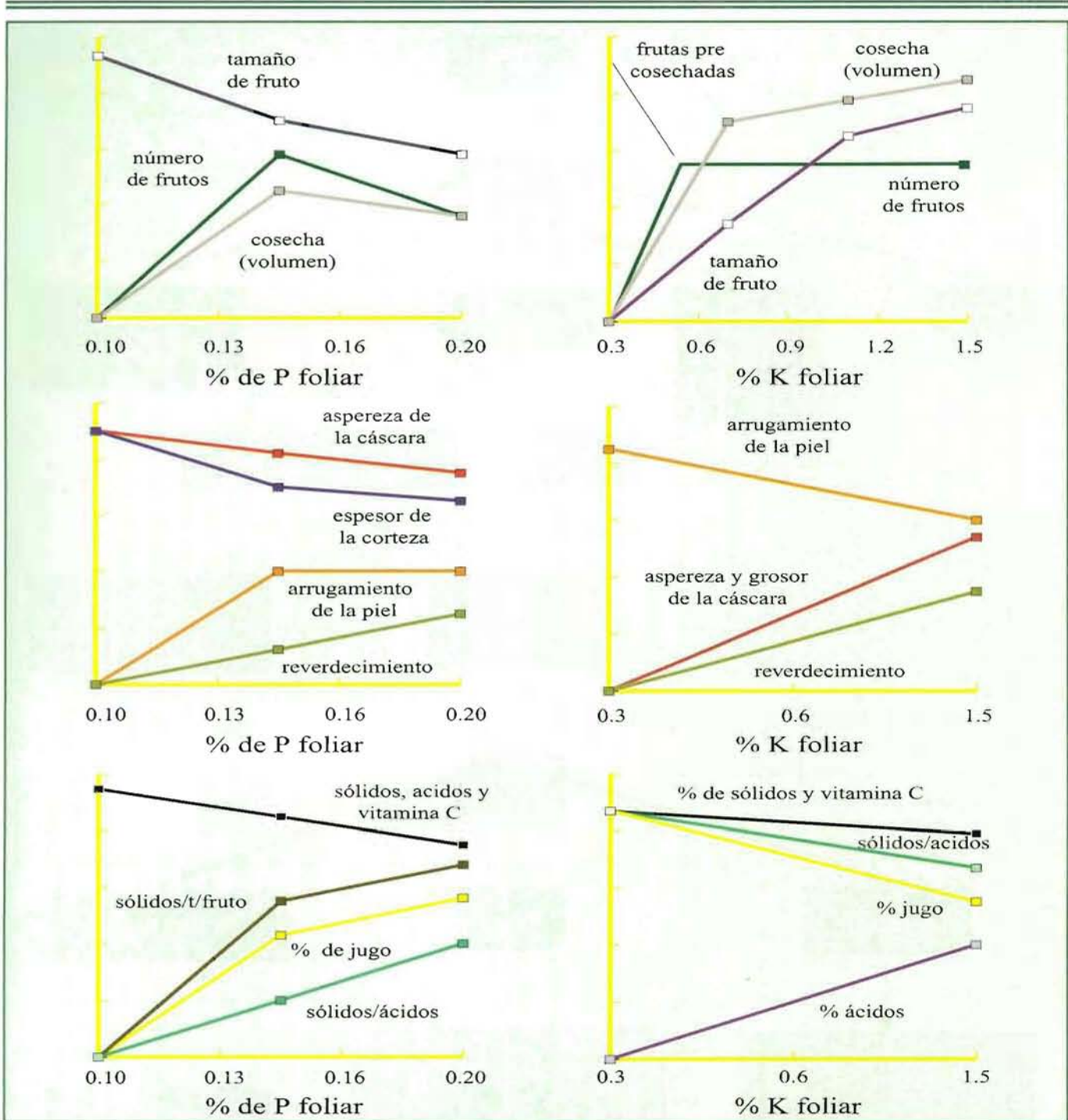


Figura 3. Relación entre los contenidos de P y K foliar y la calidad de la naranja.

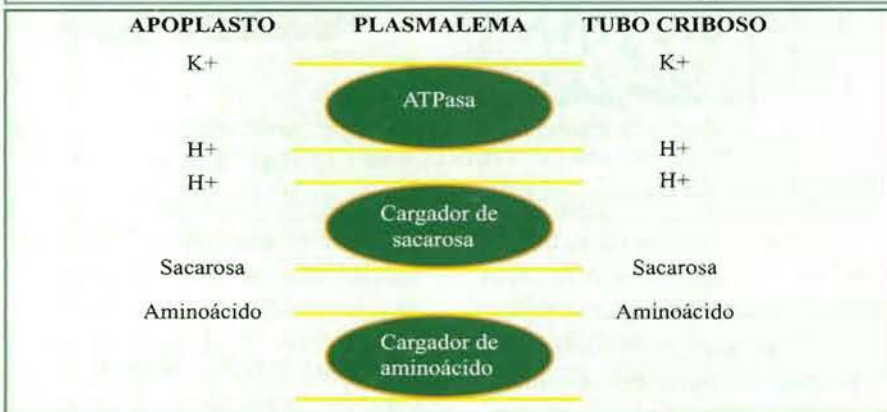


Figura 4. Representación esquemática del agrandamiento del xilema con sacarosa, aminoácido y el K como activador de la ATPasa.

mento de K provoca incremento en la acidez, debido a que el K activa enzimas del ciclo de los ácidos tricarbónicos, aumentando la producción de ácido cítrico. Además, en respuesta a la acumulación de K<sup>-</sup> en el jugo celular, una proporción mayor de ácidos disociados debe estar presente para garantizar el equilibrio entre cargas positivas y negativas.



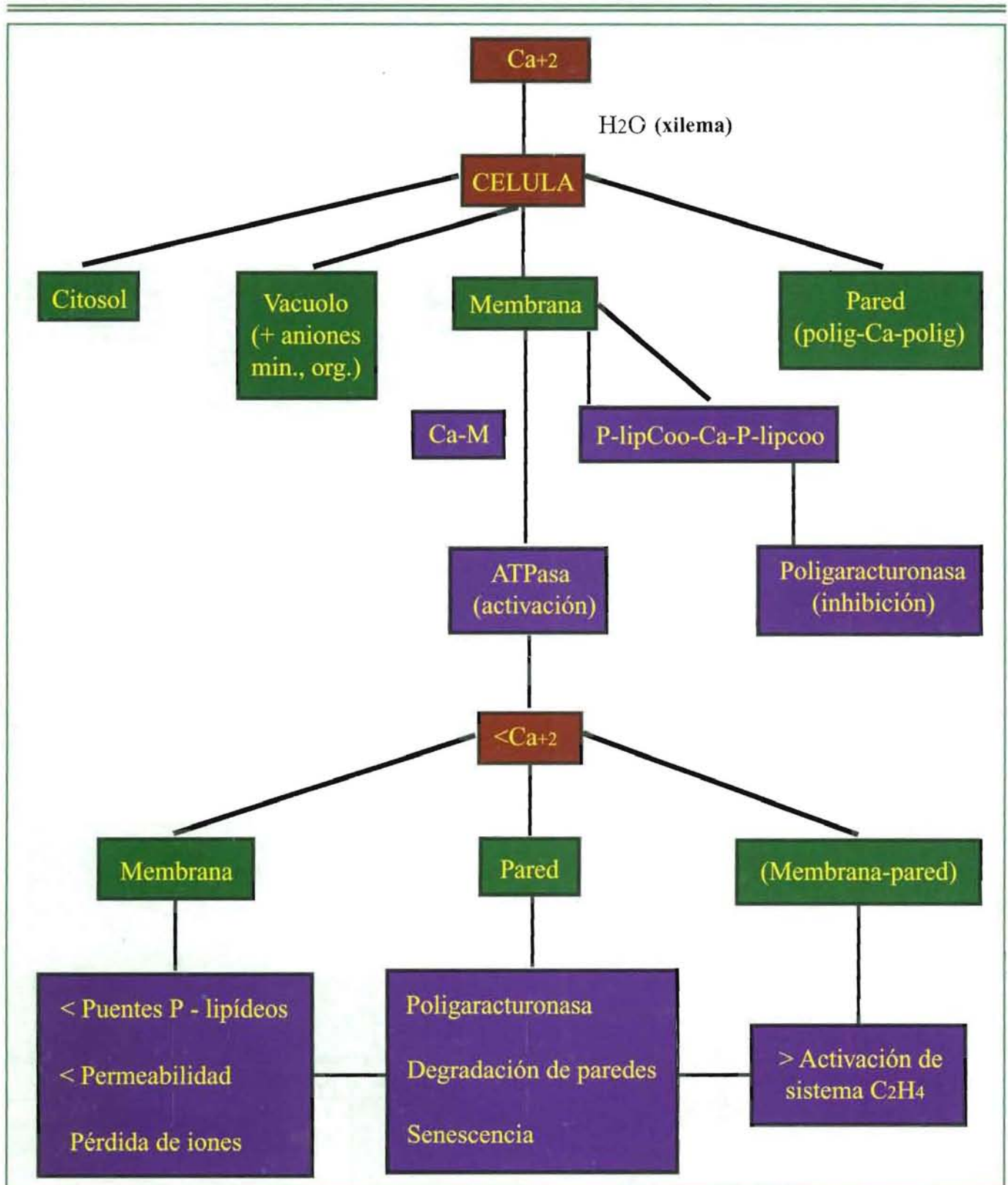


Figura 5. Representación esquemática del papel del Ca en la senescencia (Ca-M= calmodulina activada; P-lip = P-lípidos; polig = poligatacturónico; Coo = pectato).

### Efecto de la fertilización en la calidad del tomate

Existen dos enfermedades fisiológicas del tomate que se reflejan en los frutos. Estas son la pudrición húmeda o "mancha negra", que causa el apareamiento de man-

chas oscuras externas en el fruto y el "corazón negro" lo que provoca oscurecimiento interno de la pulpa. La calidad comercial del fruto, tanto para consumo directo, como para la industria, se ve perjudicada. En ambos casos se trata de una deficiencia de Ca. La Tabla 4

muestra el análisis de frutos del tomate normales y afectados por "corazón negro".

La Figura 5 pretende explicar ese tipo de degeneración interna de acuerdo a las siguientes condiciones:



**Tabla 4. Contenidos de macro y micronutrientes en los frutos de tomate afectados por el "corazón negro" (1).**

Elemento	Ataque de corazón negro en los frutos								
	Ninguno			Incipiente			Acentuado		
	Ped	Media	Punta	Ped	Media	Punta	Ped	Media	Punta
<b>Materia seca (%)</b>									
N	2.45	2.90	2.88	2.05	2.01	2.04	1.96	2.46	1.92
P	0.35	0.42	0.45	0.37	0.45	0.47	0.21	0.21	0.20
K	4.53	4.15	4.19	4.4	3.17	4.15	1.90	2.02	1.87
Ca	0.16	0.11	0.10	0.13	0.09	0.09	0.06	0.06	0.06
Mg	0.15	0.17	0.19	0.14	0.17	0.19	0.06	0.09	0.10
S	0.16	0.18	0.19	0.14	0.17	0.19	0.06	0.09	0.10
<b>Materia Seca (ppm)</b>									
B	5	5	6	7	7	5	5	5	5
Cu	50	21	25	41	25	28	22	13	23
Fe	86	107	105	79	74	92	125	43	85
Mn	56	44	52	45	36	38	20	18	19
Zn	36	41	41	25	26	30	16	26	31

**Ped = Pedúnculo; Media = Parte media del fruto; Punta = Punta del fruto**  
(1) Malavolta (1984)

**Tabla 5. Efecto del calcio Ca en la hidrólisis de pectato por la poligacturonasa.**

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Acido poligacturónico liberado (umol/4h)
0	3.5
40	2.4
200	0.6
400	0.6

Corden, 1965.

- 1) En la transpiración (vehículo de transporte de Ca<sup>2+</sup>) la hoja gana más Ca<sup>2+</sup> que el fruto.
- 2) En consecuencia existe menor activación de la ATPasa (vía Ca colmodulina) de la membrana implicada en la acumulación iónica, menos puentes de Ca para dar rigidez a la pared celular, menos puentes lipídicos en la membrana, poca regulación de la poligacturonasa (inhibida por el Ca<sup>2+</sup>) (Tabla 5) lo que acentúa la degeneración de la pared celular. La falta de Ca activa el sistema generador de etileno localizado en el complejo pared-membrana.
- 3) Al final la célula entra en senes-

cencia precoz. El color negro puede deberse a la formación de fenoles oxidados, debido a que puede ocurrir rompimiento de las barreras que separan substratos, enzimas y activadores (lamentablemente no existe evidencia experimental de lo uno u otro).

### Bibliografía

- Bidwell, R.G. S. 1979. Plant Physiology (2da. Ed.). New York, Mac Millan, 726 p.
- Heller, R. 1985. Physiologie vegetale, 2. Developpement (3a. ed.). Paris, (s.n), 215 p.
- Malavolta, E. 1980. Elementos de

- nutricao de plantas. Sao Paulo: Agronomica Ceres, 251 p.
- Malavolta, E. 1984. Adubacao mineral em olericultura. In: Curso, sobre nutricao e adubacao de hortalicas. Brasilia: A N D A - E M B R A P A - POTAFOS. 65 p.
- Malavolta, E. 1987. Nutricao mineral de plantas. In: Fernandes, F. M. Nascimento, V. M. (Coord.) Curso de Atualizacao en fertilidade do solo de Ilha solteira. Campinas: Fundacao Cargill. p.33-105.
- Malavolta, E., Boaretto, A. E., y Paulino, V. T. 1988. Micronutrientes: uma visao global. In: Ferreira, M. E. (ed.) Simpósio sobre micronutrientes na agricultura. Jaboti-cabal: Faculdade de Ciencias Agrárias e Veterinárias da UNESP. p. 1-74.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. London: Academic Press, 1986, 674 p.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4a. ed. Berna: IPI. 697 p.\*



## EXPERIMENTOS SIMPLES EN LA FINCA ANÁLISIS Y USO PRACTICO

D.R. Hicks, R.M. Vanden Heuvel y Z.Q. Fore\*

### Introducción

Existe una variedad de prácticas agronómicas o insumos nuevos que el agricultor quisiera usar, pero todavía no tiene la seguridad de que podrían funcionar adecuadamente en las condiciones particulares de su finca. En la mayoría de los casos, estas nuevas prácticas o productos han sido ya estudiados meticulosamente en investigación formal en parcelas pequeñas, donde se controlan todas las otras variables que podrían afectar la variable en estudio, demostrando que los tratamientos son estadísticamente replicables. Sin embargo, el agricultor todavía quisiera evaluar la nueva práctica o insumo en pruebas simples para encontrar las zonas de respuesta en su propia finca. Esta información permite determinar el punto en el cual se obtiene el máximo retorno a la inversión que representa la adopción de la nueva práctica o el uso del nuevo producto. A continuación se presenta una guía para conducir pruebas de campo simples y para utilizar la información obtenida.

### Planificación del experimento

La planificación es importante para que la prueba tenga éxito. Se debe determinar claramente el objetivo de la investigación, los tratamientos a incluirse, los datos que deben registrarse, la persona responsable de la siembra, toma de datos y cosecha.

### Objetivo del experimento

El objetivo de una prueba de campo es evaluar una nueva práctica o un nuevo producto. El agricul-

tor puede adoptar la práctica o usar el nuevo producto en toda la finca o en parte de ella, para acumular suficiente experiencia. Esta experiencia se puede obtener con la conducción de pruebas de campo.

### Localización del experimento

Se debe escoger una área representativa de la finca para conducir el experimento. El tipo, la fertilidad y la pendiente del suelo deben ser tan uniformes como sea posible (a menos que constituyan una de las variables estudiadas) de modo que las diferencias observadas en rendimiento se deban a los tratamientos y no a las características diferentes de suelos. Es conveniente registrar todos los datos en un libro de campo donde se continuará ingresando datos durante el ciclo del cultivo.

### Determinación de los tratamientos

Los tratamientos a estudiarse están determinados por los objetivos del experimento. El efecto de los tratamientos en el área en estudio se puede comparar con otras áreas similares donde los tratamientos no fueron aplicados. Generalmente se determina rendimiento y humedad a la cosecha, pero otros efectos pueden ser también de interés. Algunos de éstos son altura de planta, porcentaje de malezas, fecha de madurez, acame, etc. Los tratamientos pueden ser un nuevo fertilizante, herbicida o fungicida, diferentes dosis de los mismos insumos, cambios en densidad de población, nuevas variedades o híbridos, etc. Al mantener todas las otras prácticas de cultivo constantes, cualquier cambio en uno de

estos factores pasa a ser tratamiento que puede afectar rendimiento y otras características del cultivo.

### Diseño del experimento

Los experimentos a nivel de finca deben ser lo más simple posible. Es ideal considerar dos tratamientos, la adopción de una nueva práctica o uso de nuevo producto (parcela tratada), comparada con las condiciones que normalmente se han utilizado en la finca hasta el momento (parcela testigo). En la mayoría de los casos las parcelas pueden ser franjas rectangulares localizadas dentro del campo de cultivo. Podrían probarse más tratamientos, pero el experimento se vuelve más complicado y más difícil de manejar. Los experimentos con variedades son un buen ejemplo de experimentos con más de dos tratamientos.

### Codificación de los tratamientos

Es aconsejable codificar con números o letras las franjas de tratamientos en el campo para prevenir sesgo durante la toma de datos. Después de que se han tomado todas las notas de campo y se han cosechado las franjas se pueden decodificar y evaluar los efectos de los tratamientos. Esta forma de trabajo previene la introducción de sesgo en la toma de datos que puede ocurrir cuando por predilección natural se tiende a ver mejor en el campo ciertos tratamientos porque se considera que estos deberían comportarse mejor.

\* Tomado de: Hicks, D.R., R.M. Vanden Heuvel y Z.Q. Fore. Analysis and practical use of information from on-farm strip trials. *Better Crops* 81:18-21.



## Arreglo de los tratamientos en el campo

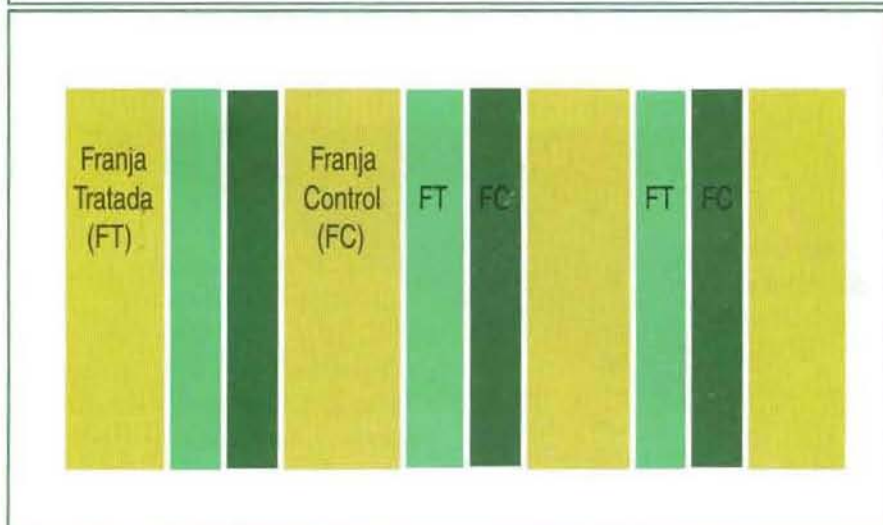
El experimento más simple consiste en dos franjas, una donde se prueba el tratamiento y otra el testigo. Con este arreglo no existen repeticiones y por esta razón no se puede estimar el error experimental. Como consecuencia no se puede determinar estadísticamente si existen o no reales diferencias entre los tratamientos. Si se cosecha con combinada pueden existir varios rendimientos correspondientes a cada paso de la combinada por la franja, pero estas no son repeticiones porque la localización de los tratamientos dentro de las franjas no fue randomizada (localización de los tratamientos y repeticiones al azar). Sin embargo, los rendimientos obtenidos con la combinada representan muestras dentro de las franjas que pueden indicar la variación dentro de cada parcela experimental.

Se puede estimar mejor el efecto de los tratamientos cuando se utilizan tres repeticiones de la franja tratada y de la franja testigo en cada campo. Esto permite correr un análisis estadístico simple. También se puede modificar esta condición localizando experimentos de una sola repetición en tres o más fincas ya que los datos obtenidos de esta forma pueden también analizarse estadísticamente sin ningún problema. La principal razón para incrementar el número de repeticiones es la de evaluar mejor el efecto de los tratamientos.

La Figura 1 representa el arreglo en el campo de un experimento simple en franjas sin repeticiones (una franja tratada y otra testigo). En este arreglo no existen repeticiones de modo que las conclusiones que se pueden obtener de este experimento son limitadas. Sin embargo, como se dijo anteriormente, los resultados de arreglos similares en tres o más fincas



**Figura 1. Arreglo en el campo de un experimento en franjas con dos tratamientos y una repetición.**



**Figura 2. Arreglo en el campo de un experimento en franjas con dos tratamientos y tres repeticiones.**

pueden utilizarse como repeticiones de modo que un análisis estadístico puede evaluar mejor los efectos del tratamiento.

La Figura 2 presenta el arreglo de campo de un experimento con dos tratamientos (parcela tratada y parcela testigo) con tres repeticiones. Se podrían utilizar más repeticiones pero se considera que tres son suficientes para el tiempo y espacio que un agricultor tiene en su finca. Se debe sortear la asignación de los tratamientos a las franjas en el campo como se ilustra en la Figura 2.

Los arreglos de las Figuras 1 y 2 se pueden replicar en dos o más fincas. Los resultados se pueden com-

binar para incrementar el número de repeticiones de las franjas tratadas y de las franjas testigo. Esto mejora la evaluación del efecto de los tratamientos.

Se debe mantener un récord detallado del campo en el cual están localizados las franjas experimentales. Es aconsejable marcar las franjas en el campo con banderas de modo que se las pueda encontrar fácilmente durante todo el ciclo de crecimiento. Es necesario anotar todos los eventos ocurridos durante todo el ciclo de crecimiento ya que éstos podrían explicar los rendimientos obtenidos a la cosecha (por ejemplo, rendimientos bajos por falta de lluvias). Los principales eventos son: fecha de



		Significancia estadística	
		Si	No
Significancia económica	Si	Adoptar	?
	No	No adoptar	No adoptar

**Figura 3. Matriz para evaluar la adopción de una nueva tecnología basándose en la significancia estadística y económica.**



**Figura 4. Relación conceptual entre el costo y la probabilidad de respuesta del tratamiento.**

siembra, cantidad de lluvia, condiciones anormales de clima, fertilizantes aplicados, uso de pesticidas (tipo cantidad y fecha de aplicación), fecha de cosecha, cualquier otro dato pertinente.

En algunos casos, el análisis estadístico de los datos del experimento podría no ser de importancia para el agricultor si las nuevas prácticas o productos han sido ya evaluados cuidadosamente en experimentos formales conducidos por investigadores profesionales. En este caso los experimentos simples de campo sirven para que el agricultor se familiarice y gane confianza en el uso de la nueva tecnología.

### Análisis económicos

Además de la significancia estadística se debe determinar si el tratamiento es rentable. La significancia estadística del efecto del tratamiento no siempre significa que la nueva práctica a adoptarse o el nuevo producto a usarse sean rentables. Por otro lado, el efecto de un tratamiento que no produce significancia estadística puede ser significativo desde el punto económico. La significancia económica ocurre cuando el valor promedio del efecto del tratamiento es mayor que el costo del tratamiento. Para evaluar la significancia económica del tratamiento se necesita saber la respuesta

promedio al tratamiento, el precio esperado del cultivo y el costo del tratamiento.

La Figura 3 representa gráficamente las opciones con respecto a la adopción de una práctica teniendo en cuenta la significancia estadística y económica. Se debe adoptar una práctica cuando ésta tiene significancia estadística y económica y no se le debe adoptar cuando no tiene significancia económica aun cuando el efecto tenga significancia estadística. La combinación de significancia económica y ausencia de significancia estadística, presentada en el cuadro superior derecho de la Figura 3, representa la decisión más difícil.

Tanto el costo (análisis económico) como la probabilidad de respuesta (análisis estadístico) del tratamiento son componentes importantes en la decisión de adoptar una nueva tecnología. Esta relación se demuestra conceptualmente en la Figura 4. Idealmente, la probabilidad de real respuesta a una nueva tecnología debe ser muy alta o cercana a 1.0, especialmente cuando el costo de la tecnología es alto. Sin embargo, cuando el costo de la tecnología es bajo se puede aceptar una menor probabilidad de respuesta del tratamiento para adoptar la práctica.

Las pruebas simples de campo, además de permitir que los agricultores se familiaricen con nuevas prácticas de manejo o nuevos insumos, son útiles para determinar si esta nueva práctica o producto se debe usar en toda la finca o en ciertas áreas de la finca, en las condiciones del esquema económico particular de cada agricultor. Esta es una forma inteligente y rápida de evaluar respuestas agronómicas y económicas de prácticas nuevas que ayudan efectivamente a mejorar el manejo integral de la finca.\*



## REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

### APROVECHAMIENTO DEL N PROVENIENTE DE LA UREA POR LA CAÑA DE AZUCAR

Korndorfer, G. H., M. R. Valle., M. Martins y P.C.O. Trivelin. 1997. *Aproveitamento do nitrogenio da ureia pela cana-planta. Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 21:23-26.

Se estudió el aprovechamiento de N por la caña (variedades RB72-454, SP70-1143, SP71-6163 y SP71-1406) en un Latosol Rojo-amarillo álico distrófico de textura media en Uberlandia (MG), durante el período 1991-1992. Se utilizaron dosis de N de 0, 30, 60 y 120 kg/ha, aplicadas al suelo en forma de urea. El diseño experimental fue un arreglo factorial (4 x 4 x 3) en bloques al azar y se cosechó la caña a los 18 meses de edad. La eficiencia del aprovechamiento de fertilizante nitrogenado por la caña varió de 48 a 87%. La fertilización con N incrementó la productividad agrícola en más de 400 t/ha y redujo el contenido de fibra. La cantidad total de N acumulada en la parte aérea varió en función de las variedades, siendo la SP71-6163 considerada la más exigente (1.56 kg de N/t de caña). La mayor parte de N (56%) contenido en la parte aérea se acumuló en los tallos.\*

### UTILIZACION DE LA RESINA DE INTERCAMBIO IONICO PARA LA EVALUACION DEL AZUFRE DISPONIBLE DEL SUELO

Prochnow, L. I., A. E. Boaretto y G. C. Vitti. 1997. *Utilizacao da resina trocadora de ions para avaliacao de enxofre disponivel do solo. Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 21:335-339.

En julio de 1998, se realizó un experimento en un huerto de limón siciliano, porta injerto de limón volkameriano, cultivado en un Latosol Rojo oscuro textura media en el municipio de Botucatu (SP), con el objetivo de verificar el comportamiento de la resina de intercambio iónico para evaluar además de P, K, Ca y Mg el S disponible del suelo. Se aplicaron dosis crecientes de yeso agrícola (0, 1, 2 y 4 t/ha). Se determinó la cantidad de S en las hojas del limonero y la de sulfato a diferentes profundidades del suelo (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-80 y 80-120 cm), utilizando cinco diferentes métodos de extracción: CaCl<sub>2</sub> 1.5 g/L; NH<sub>4</sub>OAc 0.5 mol/L en HOAc 0.25 mol/L; Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 500 mg de P/L en HOAc 2.0 mol/L, y resina de intercambio iónico, empleando dos relaciones suelo-resina (5:2, 5:25 y 10: 2.5: 25), a los 6, 12 y 24 meses después de la aplicación de yeso. Las cantidades de S extraídos por el método de la resina, en las dos relaciones fueron semejantes a las determinadas por el método del acetato de amonio y presentaron buena relación con los otros extractantes. La disponibilidad de S en el suelo para las plantas fue prácticamente la misma con los diferentes métodos. Los resultados determinaron que el empleo de resina en una relación suelo - resina de 1:5, puede ser incluida como una opción más en los estudios de correlación y calibración de extractores para la evaluación de la disponibilidad de S en los suelos.\*

### EFFECTO DE LA APLICACION DE FERTILIZANTES FOLIARES EN EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN CAFE

Silva, A. T. da., M.P. ASSIS. de., M. C. M. Veras., J. G.

Carvalho. de. y V. Gualberto. 1996. *Efeito da aplicacao de fertilizantes via foliar nos tenores de nutrientes em cafeiro. In: Reuniao Brasileira de fertilidad do solo e nutriacao de plantas, Manaus, 1996. Resumos expandidos. Manaus: SBCS, p. 658.*

El café constituye uno de los principales cultivos del Sur de Minas Gerais. La productividad de la región es baja debido a una inadecuada fertilización. El presente trabajo tiene como objeto evaluar la respuesta del café a la fertilización foliar con macro y micronutrientes. El experimento se llevó a cabo en el Departamento de Agricultura de la UFLA, en un campo de café Icatu rojo de un año de edad, con una densidad alta (2.0 x 0.6 m). El cultivo fue implementado en un Latosol Rojo distrófico, con una fertilización de base según las recomendaciones para la región Sur de Minas. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones, cada parcela constituida de 12 plantas. Los tratamientos fueron aplicaciones foliares con soluciones de MAP al 0.5%, KCl al 0.3% y ZnSO<sub>4</sub> al 0.3% en agua + un coadyuvante), T2 = MAP, T3 = KCl, T4 = Zn SO<sub>4</sub>, T5 = MAP + KCl, T6 = MAP + ZnSO<sub>4</sub>, T7 = KCl + ZnSO<sub>4</sub>, y T8 = MAP + KCl + ZnSO<sub>4</sub>. Transcurridos 75 días de la aplicación de los tratamientos se tomaron muestras de las hojas para el análisis químico.

Los contenidos de N, P y K no se alteraron debido al efecto de los tratamientos, al contrario de lo que aconteció con el contenido de Zn, el cual si fue alterado. Los contenidos de Zn aumentaron con la aplicación de ZnSO<sub>4</sub> y en mayor proporción con el tratamiento ZnSO<sub>4</sub> + KCl, lo que demuestra el efecto sinérgico del KCl sobre la



absorción de Zn. En el tratamiento MAP + ZnSO<sub>4</sub>, el contenido foliar de Zn disminuyó debido a la interacción negativa entre P y Zn, explicada probablemente por un efecto de dilución. La interacción negativa mencionada anteriormente se ve reforzada por el hecho de que el contenido de Zn en el tratamiento MAP + KCl + ZnSO<sub>4</sub> es menor que en el tratamiento KCl + ZnSO<sub>4</sub>. Por los datos presentados se concluye que no es recomendable el aplicar macronutrientes vía foliar en cafetales en formación. El KCl se debe adicionar a la solución no como fuente de K sino como un coadyuvante para la absorción de Zn. \*

### EFICACIA DE LOS FERTILIZANTES CON MICRONUTRIENTES APLICADOS VIA SEMILLA EN LA PRODUCTIVIDAD Y EN LOS CONTENIDOS DE PROTEINA DE LA SOYA

*Sfredo, G. J., C. M. Borkert., A. L. Nepomuceno y M. C. N. Oliveira de. 1997. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 21:41-45.*

Estudios realizados en diferentes regiones de Brasil han demostrado deficiencia aguda de varios micronutrientes en el suelo. El Mo, Co, Zn, Cu y B son los elementos de mayor deficiencia, sobre todo en los suelos del cerrado, lo que afecta drásticamente las especies cultivadas en esa región. Por otro lado, en lugares donde no se presentaban problemas con micronutrientes como en la región Sur, ya existen indicios de su deficiencia. Con el objeto de verificar la respuesta a uno o más micronutrientes, en la producción y en la composición química de los granos de soya, se

utilizaron fertilizantes comerciales conteniendo Mo y Co (Cofermol, Cofermol L, Biocrop y Nutrimins) y Plantin II, como Mo solamente, aplicados vía semilla y un testigo inoculado solo con *Bradyrhizobium japonicum*. El ensayo se instaló en el campo experimental de EMBRAPA-CNPSO, en LRe de Londrina (PR), en el ciclo 1992 a 1993. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. El testigo constituyó la variedad BR-16 y fertilización básica de 250 kg/ha de la fórmula 8-20-20. De los resultados obtenidos se puede concluir que hubo respuesta significativa en la producción de soya (480 kg/ha) con la adición de Mo y un aumento altamente significativo en el contenido de proteína de hasta 60 g/kg, en los granos de soya, lo que equivale a 300 kg/ha de proteína.\*

### FACTORES QUE INFLUYEN LOS NIVELES CRITICOS DE FOSFORO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE GRAMINEAS FORRAJERAS EN EL CAMPO

*Fonseca, D. M., J. A. Gomide., V. H. Alvarez y R. F. Novais de. 1997. Fatores que influenciam os niveis criticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras: Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 21:35-40.*

De octubre de 1990 a marzo de 1991, se llevó a cabo un experimento en un suelo LV de textura arcillosa en Teixeiras (MG), con el objeto de evaluar factores responsables de la variación en los niveles críticos de P en el suelo para el establecimiento de forrajeras. Se estudiaron los efectos de la aplicación de cal (90, 60 y 30 días) y de P (30 días) antes de la siembra; dos formas de aplicación de P, en surcos o incorporado en la capa super-

ficial de 0-10 cm y tres niveles de fertilidad del suelo: bajo, medio y alto. Las dosis de P fueron 0, 34, 68, 136, 204 y 340 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para la aplicación en surcos y 0, 102, 204, 408, 612 y 1020 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para el P incorporado. El testigo fue pasto guinea (*Panicum maximum* Jack) recolectado 65 días después de la emergencia, con el objeto de estimar la producción de materia seca. La muestra de suelo para la determinación de los contenidos de P disponible (Mehlich-1), se tomó a una profundidad de 0-10 cm a lo largo de las filas después de la cosecha. El nivel crítico promedio de P para el establecimiento de guinea fue de 44.7 mg/dm<sup>3</sup> con el nutriente aplicado al surco de siembra y de 64.1 mg/dm<sup>3</sup> con el nutriente incorporado en la capa superficial de 0-10 cm. La aplicación de cal 60 y 30 días antes de la siembra promovió valores críticos de P en el suelo (49.6 y 47.7 mg/dm<sup>3</sup>) superiores a los de la aplicación de cal al momento de la siembra (40.2 mg/dm<sup>3</sup>) mediante la aplicación de P al surco. Al incorporar P en la capa superficial de 0-10 cm, la aplicación de cal 60 a 30 días antes de la siembra, promovió niveles críticos menores (55 y 72.9 mg/dm<sup>3</sup>) que aquella aplicada el día de la siembra (90.4 mg/dm<sup>3</sup>). Por otro lado, el P aplicado al momento de la siembra, con incorporación en la capa superficial de 0-10 cm, promovió niveles críticos (55.0; 72.9 y 90.4 mg/dm<sup>3</sup>) superiores a los aplicados 30 días antes de la siembra (31 y 51.2 mg/dm<sup>3</sup>). Los niveles de fertilidad del suelo muestran efectos proporcionales sobre los valores de los niveles críticos de P en el suelo y sobre la producción de materia seca. El método de aplicación de P fue por lo tanto el factor que más influyó en los valores de los niveles críticos del nutriente en el suelo para el establecimiento de pasto guinea.\*



## CURSOS Y SIMPOSIOS

### 1.- SULPHUR MARKETS 1998 - TODAY AND TOMORROW THE SULPHUR INSTITUTE'S BIENNIAL SYMPOSIUM

ORGANIZA : The Sulphur Institute  
 LUGAR : Washington, DC  
 FECHA : Marzo 30 a Abril 01, 1998  
 INFORMACION : The Sulphur Institute  
 1140 Connecticut  
 Avenue, N.W. Suite 612  
 Washington, DC 20036  
 Telf.: (202) 331-9660  
 Fax.: (202) 293-2940  
 E-mail:  
 sulphur@acces. digitex. net

### 2.- SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCION DE PLATANO

ORGANIZA : CORPOICA  
 LUGAR : Armenia-Quindío  
 FECHA : 4-8 de Mayo, 1998  
 INFORMACION : Red Nacional de Plátano  
 CORPOICA  
 Apartado Aéreo 1807  
 Armenia-Quindío  
 Colombia  
 Telf.: 57 67493808  
 Fax.: 57 67496331  
 E-mail: corpoarm@eccel

### 3. XII REUNION BRASILEÑA DE MANEJO Y CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA

ORGANIZA : Sociedad Brasileña de la Ciencia del Suelo  
 LUGAR : Fortaleza, CE.  
 FECHA : 12 - 17 Julio, 1998  
 INFORMACION : Dr. Raimundo Nonato  
 Caixa Postal 231  
 Ed. Silvio Brandao  
 Campus Universitário S/N  
 36571-000 Vicosa (MG)  
 Brasil  
 Telf.: (031) 899-2471  
 Fax.: (031) 899-2471  
 E-mail: rbmcsa@taiba.ufc.br

### 4. XXV CONGRESO MUNDIAL DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo  
 LUGAR : Montpellier, Francia  
 FECHA : 20 - 26 de Agosto, 1998  
 INFORMACION : Secretario del Congreso  
 Le Corum, Service Gestion  
 Esplanade Charles de  
 Gaulle -BP 2200  
 34027 Montpellier Cedex 01  
 France  
 Telf.: 33 467 616761  
 Fax.: 33 467 616684

### 5. CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo  
 LUGAR : Tunja - Colombia  
 FECHA : 7 - 10 de Octubre, 1998  
 INFORMACION : Secretario del Congreso  
 Dr. Francisco Silva Mojica  
 Carrera 11 No. 6634,  
 Of. 601  
 Apartado Aéreo 51791  
 Bogotá-Colombia  
 Telf.: 571 211 3383  
 Fax.: 571 211 3383





## PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

	US \$
* <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
* <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 cómo éstas podrían prevenirse o remediarse.	\$ 8.00
* <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
* <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
* <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
* <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.	\$ 20.00
* <b>Nutrición y Fertilización del Maracuyá.</b> Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá.	\$ 5.00
* <b>Conozca y Resuelva los Problemas Nutricionales de los Cultivos.</b> Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición de cultivos, como guía para la obtención de rendimientos altos. Disponibles: Maíz y Espárrago.	\$ 0.50
* <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