

# INFORMACIONES



# AGRONOMICAS



ABRIL 2010 • No. 77

## CONTENIDO

Pág.

|   |    |
|---|----|
| Manejo de la fertilidad del suelo para cítricos de alto rendimiento .....                             | 1  |
| Indicadores visuales de la deficiencia de potasio en maíz .....                                       | 12 |
| El uso de fertilizantes nitrogenados agota la materia orgánica del suelo? .....                       | 15 |
| Reporte de Investigación Reciente .....   | 19 |
| - Impacto de disponibilidad de nutrientes en el suelo en la calidad de fruto del limón Tahítí         |    |
| - Revaluación de la interacción encalado-fertilizante de praderas en suelos ácidos de baja fertilidad |    |
| - Carbohidratos y materia seca en tubérculos de cultivares de papa según la dosis de nitrógeno        |    |
| Cursos y Simposios .....  | 20 |
| Publicaciones Disponibles .....   | 21 |

Editores: Dr. José Espinosa  
Dr. Raúl Jaramillo

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



Misión: Desarrollar y promover la información científica sobre el manejo responsable de la nutrición de las plantas para beneficio de la humanidad

## MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO PARA CITRICOS DE ALTO RENDIMIENTO

D. Mattos Junior<sup>1</sup>, J.A. Quaggio<sup>2</sup>, H. Cantarella<sup>2</sup> y R.M. Boaretto<sup>1</sup>

### Introducción

El Brasil es el líder mundial en la producción de cítricos con un volumen anual superior a 20 millones de toneladas de fruta, lo que representó en el 2007 cerca del 20 % de la producción mundial (FAO, 2009). Aproximadamente el 80 % de la producción de naranjas del país está concentrada en 668 000 ha en el estado de São Paulo. Esta producción está destinada principalmente a la industria de jugo concentrado y congelado.

El mantener niveles elevados de producción requiere, entre otros factores, de un manejo nutricional adecuado del huerto basado en información que relacione el desempeño de la planta y la producción de fruta con la concentración de nutrientes en las hojas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Esto determina la necesidad de suplementar nutrientes con la fertilización.

El Departamento de fertilidad del suelo y nutrición de cultivos del Instituto Agronómico de Campinas (IAC) ha concentrando esfuerzos para ampliar e intensificar la investigación sobre la nutrición y fertilización de cítricos. La consolidación de la información científica sobre nutrición, fertilización y producción de cítricos publicada en diversos medios permitió desarrollar un programa de manejo de la fertilidad del suelo, que busca mejorar la producción y calidad de fruta de los huertos dedicados al cultivo de cítricos en nuevos sistemas de producción y en varios ambientes agrícolas. Las recomendaciones presentadas en este artículo incorporan revisiones de aquellas publicadas anteriormente en el libro de citrus del 2005 (Quaggio et al., 2005).

### Diagnóstico de la fertilidad del suelo

Para mantener huertos de alta productividad es indispensable la adopción de un buen programa de encalado y fertilización. El éxito de un programa de esta naturaleza requiere de herramientas de diagnóstico (análisis de suelos y análisis foliar) que permitan ajustar el suministro de nutrientes en función de los niveles de fertilidad del suelo y de la demanda de nutrientes del cultivo, optimizando así la eficiencia de los insumos utilizados. Por esta razón, es esencial realizar un adecuado muestreo de suelos y foliar y enviar las

<sup>1</sup> Instituto Agronómico - Centro Avanzado de Investigación Tecnológica de Cítricos "Sylvio Moreira". Cordeirópolis, SP, Brasil. Correo electrónico: ddm@iac.sp.gov.br

<sup>2</sup> Instituto Agronómico - Centro de Investigación y Desarrollo de Suelos y Recursos Ambientales. Campinas, SP, Brasil. Correo electrónico: quaggio@iac.sp.gov.br

**Tabla 1. Interpretación de resultados de análisis de P, K, Mg y saturación de bases (SB) en los primeros 20 cm del perfil del suelo de suelos cultivados con cítricos (Adaptado de Raij et al., 1997).**

| Rangos   | P resina<br>mg dm <sup>-3</sup> | K<br>----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- | Mg    | SB<br>% |
|----------|---------------------------------|---|-------|---------|
| Muy bajo | < 6                             | < 0.8   | -     | < 26    |
| Bajo     | 6 - 12                          | 0.8 - 1.5   | 0 - 4 | 26 - 50 |
| Medio    | 13 - 30                         | 1.6 - 3.0   | 5 - 9 | 51 - 70 |
| Alto     | > 30                            | > 3.0   | > 9   | > 70    |

**Tabla 2. Interpretación de resultados de análisis de azufre (S) como sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en los primeros 20 cm del perfil del suelo de suelos cultivados con cítricos (Adaptado de Quaggio et al., 2005).**

| Rangos | S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | B<br>----- mg dm <sup>-3</sup> ----- | Cu    | Mn        | Zn        |
|--------|---------------------------------|--------------------------------------|-------|-----------|-----------|
| Bajo   | < 10                            | < 0.6                                | < 2   | < 3.0     | < 2.0     |
| Medio  | 10 - 20                         | 0.6 - 1.0                            | 2 - 5 | 3.0 - 6.0 | 2.0 - 5.0 |
| Alto   | > 20                            | > 1.0                                | > 5   | > 6.0     | > 5.0     |

muestras a un buen laboratorio. Cabe resaltar en este punto, que por mejor que sea el laboratorio, éste no puede enmendar los errores de muestreo y su falta de representatividad.

### Muestreo y análisis de suelos

Los métodos empleados para el análisis de suelos en el Estado de São Paulo, Brasil, son aquellos del sistema IAC (Raij et al., 2001). La principal diferencia con el sistema IAC es la extracción de fósforo (P) con una resina de intercambio de iones, ajustada a las características de los suelos de Brasil.

La eficiencia del análisis de suelos depende de la representatividad de la muestra en relación al área del lote del huerto en consideración. El muestreo de suelo para cítricos se realiza en lotes homogéneos (hasta 10 ha) considerando los siguientes factores: color y textura del suelo, posición en el paisaje y manejo del huerto, edad de los árboles, combinaciones de injerto y patrón y productividad. La profundidad de muestreo para recomendaciones de fertilización y encalado es de 0-20 cm y para determinar la presencia de barreras químicas que limiten el desarrollo de la raíz, es decir, deficiencias de calcio (Ca) con o sin exceso de aluminio (Al), se debe muestrear de 20-40 cm de profundidad.

Para lograr mayor eficacia y representatividad, se debe utilizar un barreno de tipo holandés o un barreno similar para la toma de muestras de suelo. Las herramientas y los recipientes utilizados en el muestreo y transporte del suelo deben estar limpios y sobre todo no deben contener residuos de cal o fertilizante. El muestreo debe realizarse algunos meses antes de la implantación de la huerta, moviéndose en zig-zag dentro del lote para recoger 20 sub-muestras por unidad de muestreo.

Durante el muestreo se deben evitar sitios localizados cerca de montículos de termitas, hormigueros, casas, caminos, corrales, residuos de animales, fertilizantes o depósitos de cal y lugares donde se presenten manchas en el suelo. En cada punto de muestreo se deben retirar los residuos de cultivos y otros materiales de la superficie del suelo. Las muestras se colectan en un balde u otro recipiente limpio y al terminar el muestreo se procede a romper los terrones, se remueven piedras y otros residuos y se mezcla completamente el suelo colectado para tomar una muestra de 300 g que es la que se envía al laboratorio. El envío debe hacerse en una bolsa de plástico u otro recipiente adecuado de papel o cartón.

Una vez sembrado el huerto el muestreo debe ser anual. En los huertos sin riego el muestreo se realiza en la zona de fertilización de los años anteriores, colectando también 20 muestras, alternando los puntos de muestreo 50 cm dentro y 50 cm fuera del límite externo de la proyección de la copa. Para huertos fertigados, el muestreo debe realizarse en puntos alejados de 30 a 50 cm de la línea de goteo. En Brasil, el momento más adecuado para el muestreo de suelos es entre febrero y abril, teniendo en cuenta de que deben haber transcurrido por lo menos 60 días desde la última fertilización.

Los parámetros que determinan el estado de la fertilidad del suelo para cítricos se ha definido por medio de investigación de campo que evaluó curvas de calibración de los análisis de macro y micronutrientes en el suelo (**Tablas 1 y 2**). Como recomendación general, el productor de cítricos debe tratar de mantener los suelos de los huertos en contenidos medios de nutrientes para evitar deficiencias o excesos, ya que ambas condiciones pueden limitar el rendimiento y calidad de los cítricos.

**Tabla 3. Rangos para la interpretación del contenido de macro y micronutrientes en hojas de cítricos de seis meses de edad, brotadas en primavera, de ramas con frutos.**

| Nutriente           | Bajo   | Adecuado    | Excesivo |
|---------------------|--------|-------------|----------|
| $\text{g kg}^{-1}$  |        |             |          |
| N <sup>1</sup>      | < 23   | 23 - 27     | > 30     |
| P                   | < 1.2  | 1.2 - 1.6   | > 2.0    |
| K                   | < 10   | 10 - 15     | > 20     |
| Ca                  | < 35   | 35 - 45     | > 50     |
| Mg                  | < 3.0  | 3.0 - 4.0   | > 5.0    |
| S                   | < 2.0  | 2.0 - 3.0   | > 5.0    |
| $\text{mg kg}^{-1}$ |        |             |          |
| B                   | < 50   | 50 - 100    | > 150    |
| Cu                  | < 4.0  | 4.1 - 10.0  | > 15.0   |
| Fe                  | < 49   | 50 - 120    | > 200    |
| Mn                  | < 34   | 35 - 50     | > 100    |
| Zn                  | < 34   | 35 - 50     | > 100    |
| Mo                  | < 0.09 | 0.10 - 1.00 | > 2.00   |

<sup>1</sup> Para limón común y limón Tahití los rangos de interpretación del contenido de N foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ) son: < 18 bajo, 18 – 22 adecuado y > 22 excesivo.

### Muestreo y análisis foliar

El análisis foliar se basa en la relación entre el crecimiento y la concentración de nutrientes en la materia seca de la planta. La hoja es el órgano que mejor representa el estado nutricional del cultivo. Dentro de ciertos límites, el incremento de la concentración de nutrientes está relacionado con mayor crecimiento o rendimiento.

En cítricos, el muestreo debe hacerse mediante la recolección de la tercera o cuarta hoja generada en la primavera, que debe tener alrededor de seis meses de edad, en ramas con frutos de 2-4 cm de diámetro. En Brasil, esto normalmente ocurre en febrero-marzo. Se recomienda tomar muestras de por lo menos 25 árboles en lotes homogéneos de no más de 10 ha, colectando cuatro hojas sanas por árbol, una en cada cuadrante y a la altura media de la planta, teniendo cuidado de que hayan pasado por lo menos 30 días después de la última aplicación foliar. Las muestras deberán colocarse en bolsas de papel y almacenarse en el refrigerador a una temperatura aproximada de 5 °C hasta el envío al laboratorio, antes que hayan pasado dos días después de la recolección en el campo.

La interpretación de los resultados de los análisis foliares se realiza comparando los resultados de laboratorio con los valores presentados en la **Tabla 3**. El programa de fertilización del huerto debe ajustarse para lograr que el contenido foliar de nutrientes esté dentro del rango adecuado. A veces se pueden encontrar niveles excesivos

de micronutrientes en el análisis foliar, sin que se presenten síntomas de toxicidad, lo que puede conducir a una interpretación errónea del estado nutricional de la planta. En muchas ocasiones, estos nutrientes pueden estar solamente adheridos a la superficie de la hoja y no están disponibles para la planta.

### Recomendaciones para el encalado y fertilización

Las recomendaciones de fertilización que se presentan en este artículo fueron calibradas para suelos analizados con el método de la resina de intercambio de iones. Por lo tanto, se debe tener cuidado en el uso de estas recomendaciones si el análisis del suelo se ha realizado por otro método de extracción, especialmente en la interpretación de la disponibilidad de P.

### Encalado

La recomendación del encalado en cítricos se basa en la determinación de la acidez tampón ( $\text{H} + \text{Al}$ ), la suma de bases ( $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ ) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) a pH 7.0 (Quaggio et al., 1985).

Se determina la cantidad de cal necesaria para aumentar la saturación de bases (SB) al 70 % en la capa superficial del suelo (0-20 cm) (Quaggio et al., 1992). Esto corresponde a un pH cercano a 5.5 determinado en una solución de  $\text{CaCl}_2$  0.01 molar. Además de corregir la acidez del suelo, se recomienda también manejar la cal para elevar y mantener los niveles de Mg en el suelo en al menos 9  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . El cálculo de los requerimientos de cal se realiza utilizando la siguiente

fórmula:

$$RC = CIC(SB_2 - SB_1)/10 PRNT$$

donde,

RC = Requerimiento de cal, t ha<sup>-1</sup>

CIC = Capacidad de intercambio catiónico, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

SB<sub>1</sub> = Saturación de bases actual del suelo en la capa de 0-20 cm, %

SB<sub>2</sub> = Saturación de bases deseada para los cítricos, que es igual a 70 %

PRNT = Poder relativo de neutralización total de la cal.

Cuando sea posible, se recomienda utilizar cal dolomítica (> 12 % MgO), porque contiene una mayor concentración de Mg. En cuanto al suministro de Ca, este será suficiente sin importar el tipo de cal utilizada.

### **Encalado a la siembra**

La cal se debe aplicar en toda la superficie del suelo antes del transplante. La cal se debe incorporar lo más profundamente posible para aumentar SB a 70 %. Además del encalado superficial, se recomienda aplicar una cantidad adicional de cal en la línea de siembra (0.5 kg m<sup>-1</sup>). En suelos de fertilidad media a alta es posible preparar el terreno en franjas para ahorrar recursos en la instalación de la huerta.

### **Encalado de la huerta de producción**

La cal debe aplicarse en el área total. Setenta por ciento de la dosis se ubica bajo el dosel de las plantas. Sin embargo, en los huertos fertigados se recomienda el uso del 100 % de la dosis en el dosel, debido a que la acidificación es más intensa en esta zona cuando se maneja la nutrición de esta manera.

### **Manejo de la acidez sub-superficial**

En el pasado se estudió el uso de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en cítricos y los resultados no mostraron efectos positivos notables en la producción de fruta como para justificar su uso generalizado como enmienda del suelo (Boaretto et al., 1996; Quaggio et al., 1998). Sin embargo, observaciones de campo recientes han demostrado que el uso de yeso produce efectos benéficos, especialmente en el mejoramiento del entorno de la raíz. Estos efectos se deben probablemente a la mayor disponibilidad de Ca en las capas profundas de suelos distróficos o álicos y la consecuente mayor absorción de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) por las raíces en las capas más profundas del suelo.

En los suelos de baja fertilidad y alta acidez, especialmente en la capa de 20-40 cm del perfil, se recomienda que antes de la implantación del huerto se apliquen hasta 3 t ha<sup>-1</sup> de yeso en la línea de siembra, después de la incorporación de la cal.

### **Fertilización**

Las recomendaciones de fertilización con N, P y K para cítricos son distintas para las siguientes etapas del cultivo:

- Siembra.
- Etapa de formación - árboles jóvenes menores de 5 años de edad.
- Etapa de producción - árboles maduros.

En la última etapa se diferencian las dosis de fertilización para los grupos de variedades de naranjas, de lima ácida y limón, de mandarinas y tangores Murcott (Quaggio et al., 2005). Además, las recomendaciones de fertilización para las naranjas cambian de acuerdo a la calidad y el destino de la fruta (industria o mercado de productos frescos).

**Tabla 4. Recomendaciones de fertilización para cítricos en la formación, por edad y en función del análisis de suelos<sup>1</sup>.**

| Edad  | N                      | P resina, mg dm <sup>-3</sup>                          |        |         |      | K intercambiable, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |           |           |       |
|-------|------------------------|--|--------|---------|------|--|-----------|-----------|-------|
|       |                        | 0 - 5  | 6 - 12 | 13 - 30 | > 30 | 0 - 0.7  | 0.8 - 1.5 | 1.6 - 3.0 | > 3.0 |
| Años  | g planta <sup>-1</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g planta <sup>-1</sup> |        |         |      | K <sub>2</sub> O, g planta <sup>-1</sup>             |           |           |       |
| 0 - 1 | 100                    | 0  | 0      | 0       | 0    | 40   | 20        | 0         | 0     |
| 1 - 2 | 220                    | 160  | 100    | 50      | 20   | 120  | 90        | 50        | 0     |
| 2 - 3 | 300                    | 200  | 140    | 70      | 30   | 200  | 150       | 100       | 60    |
| 3 - 4 | 400                    | 300  | 210    | 100     | 50   | 400  | 300       | 200       | 100   |
| 4 - 5 | 500                    | 400  | 280    | 140     | 70   | 500  | 400       | 300       | 150   |

<sup>1</sup> Para mandarinas Cleopatra y Sunki aumentar en 25 % la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para toronja Swingle aumentar en 20 % la dosis de K<sub>2</sub>O.

## Fertilización a la siembra

La experiencia de campo ha demostrado las ventajas de la aplicación de P a profundidad, junto con la cal al momento de la siembra. Por esta razón, el productor debe dar preferencia a los fosfatos solubles en agua y de reacción alcalina en el suelo (como superfosfato simple) y, si es posible, que contengan alrededor de 0.5 % de zinc (Zn).

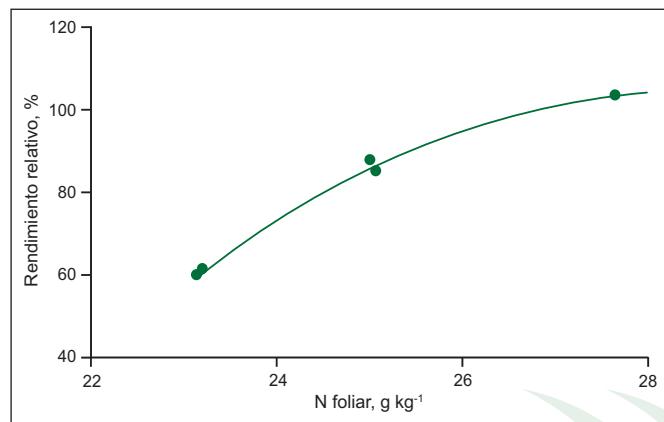


Figura 1. Relación entre el rendimiento relativo de fruta de los cítricos y los contenidos foliares de N.

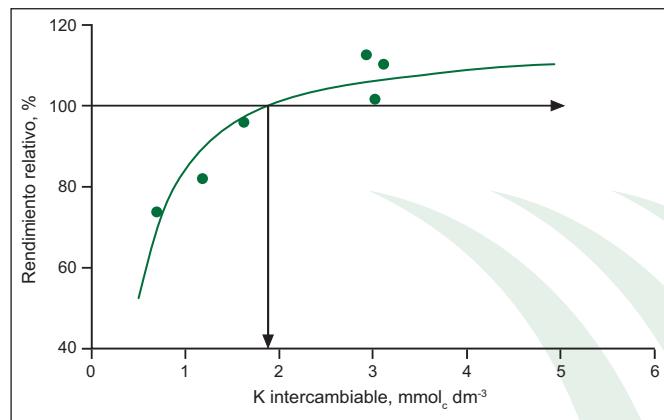


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo de los cítricos con el K intercambiable extraído con resina de intercambio iónico.

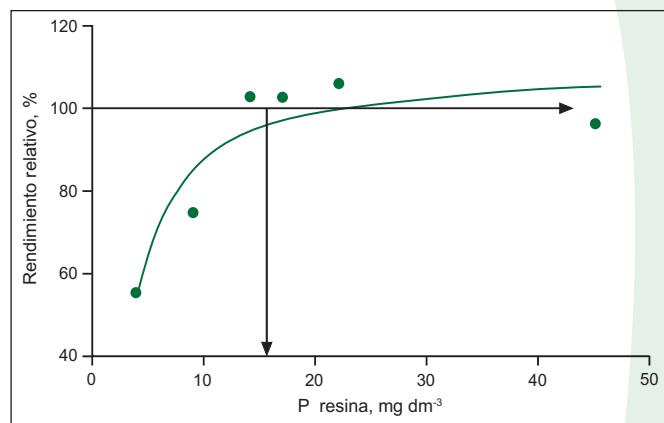


Figura 3. Relación entre el rendimiento relativo de los cítricos con el P extraído con resina de intercambio iónico.

Se recomienda la aplicación de 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de surco (120-140 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), independientemente del nivel de este nutriente en el suelo, conjuntamente con la aplicación de cal en la línea de siembra para su incorporación posterior con la ayuda de un subsolador profundo.

## Fertilización en la etapa de formación (1-5 años)

Durante la fase de formación del huerto, que se prolonga hasta el quinto año después de la siembra, las recomendaciones de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O deben tener en cuenta la edad del huerto y los contenidos de P y K reportados por el análisis de suelos con el fin de satisfacer las crecientes necesidades de la copa y del inicio de la producción de fruta. Los ajustes de la dosis recomendada deben hacerse teniendo en cuenta el patrón elegido (**Tabla 4**).

Las dosis de N y K<sub>2</sub>O deben fraccionarse de 3 a 6 veces (entre septiembre y marzo en Brasil). Se necesita de un mayor número de fraccionamientos en los primeros años después de la siembra de los plantones en el campo. Opcionalmente, se puede aplicar el P en una sola dosis coincidente con el primer fraccionamiento.

## Fertilización en la etapa de producción

Para la fertilización de huertos en producción, además de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, se considera como criterio de ajuste la dosis de nutrientes a aplicarse, la producción esperada y el contenido de N en hojas. Esto se debe a que las plantas en producción tienen una demanda adicional de nutrientes para el crecimiento de la fruta, más allá de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las hojas, ramas y raíces. En promedio la fruta cosechada exporta 1.2 a 1.9 kg t<sup>-1</sup> de N y K, cantidades que son mucho más altas que las del P (0.18 kg t<sup>-1</sup>), Ca (0.52 kg t<sup>-1</sup>), Mg (0.10 kg t<sup>-1</sup>), S (0.10 kg t<sup>-1</sup>), B (1.9 x 10<sup>-3</sup> kg t<sup>-1</sup>), Cu (0.6 x 10<sup>-3</sup> kg t<sup>-1</sup>), Fe (3.4 x 10<sup>-3</sup> kg t<sup>-1</sup>), Mn (1.9 x 10<sup>-3</sup> kg t<sup>-1</sup>) y Zn (1.7 x 10<sup>-3</sup> kg t<sup>-1</sup>) (Bataglia et al., 1977; Paramasivam et al., 2000; Mattos Junior et al., 2003c).

Se ha demostrado que el contenido foliar de N es un buen indicador de ajuste de la dosis de este nutriente de acuerdo con el rendimiento estimado de fruta (**Figura 1**). La respuesta a la fertilización nitrogenada para la producción de naranjas (Quaggio et al., 1998), mandarinas y tangores Murcott (Mattos Junior et al., 2004) es prácticamente inexistente cuando las concentraciones foliares de N están por encima de 28 g de N kg<sup>-1</sup>. En el caso de los limones y la lima ácida, el contenido apropiado de N en la hoja es algo menor y se sitúa alrededor de 22 g de N kg<sup>-1</sup> (Quaggio et al., 2002; Mattos Junior et al., 2003a).

El ajuste de la fertilización nitrogenada basándose en el análisis foliar es importante porque la falta o exceso de

N afecta el tamaño y calidad de la fruta (Quaggio et al., 2006a). Por ejemplo, las altas dosis de N tienden a aumentar el número de frutos en la planta a expensas de su tamaño, lo que puede ser una desventaja para la comercialización de fruta fresca. La fertilización con K también afecta el tamaño de la fruta. El exceso de K puede reducir la producción de fruta debido a que provoca desbalance nutricional caracterizado por una marcada disminución de las concentraciones foliares de Ca y Mg (Mattos Junior et al., 2004).

Las altas dosis de K aumentan el tamaño del fruto y el grosor de la piel, cualidades deseadas para el mercado de fruta fresca, sin embargo, las plantas con un alto suplemento de K tienden a producir fruta con mayor acidez y menos sólidos solubles, condición que no es apreciada en la industria de jugos (Alva et al., 2006; Quaggio et al., 2006a). Los altos niveles de K disponible en el suelo son comunes en huertos donde se fertiliza utilizando fórmulas tradicionales en la producción de cítricos, dejando de lado el análisis de suelos (Quaggio, 1996).

El manejo de los fertilizantes nitrogenados es importante para asegurar el uso eficiente de este nutriente. Con el mejoramiento de las prácticas de control de malezas en el huerto, utilizando herbicidas o cortadoras para evitar el uso de arados o rejas, los fertilizantes se aplican a la superficie, en ocasiones sobre residuos de las malezas. En estas condiciones, la urea, la fuente de N más común en Brasil, está sujeta a pérdidas por volatilización de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) sino se incorpora en forma mecánica o mediante el agua de riego ó lluvia al suelo. Evaluaciones en huertos comerciales han demostrado que las pérdidas de N proveniente de la urea aplicada a la superficie del suelo puede variar entre 15 y el 45 % del total de N aplicado (Cantarella et al., 2003; Mattos Junior et al., 2003b).

Trabajos realizados en Brasil permitieron, por primera vez, calibrar el análisis de suelo para P y K en cítricos, en base a la extracción de estos elementos con la resina de intercambio de iones (**Figuras 2 y 3**) (Quaggio et al., 1996, 1998). Los límites de las categorías de

interpretación de los contenidos de K (muy bajo, bajo, medio y alto) son iguales a los usados en cultivos anuales, sin embargo, el nivel crítico de P es más bajo ( $20 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

Los huertos deficientes en P crecen lentamente, las hojas viejas pierden su brillo y pueden tener tamaño excesivo, color bronceado y caerse prematuramente. La fertilización con P en cítricos en Brasil se descuidó por el empleo de parámetros de otros países que sugerían que este cultivo no respondía a este elemento. Esta información fue desarrollada en regiones productoras de cítricos cultivados en suelos desarrollados a partir de sedimentos ricos en P (Jackson et al., 1995). Los suelos de Brasil son generalmente deficientes en este nutriente (Quaggio, 1996).

En cítricos, los fertilizantes se aplican en la superficie del suelo y no se incorporan. Por esta razón, se debe recurrir a fuentes de P soluble en agua si se desea aumentar la eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados. Debido a la escasa movilidad de P en el perfil del suelo es esencial usar la dosis correcta de P a la siembra, durante la instalación del huerto. En el caso de huertos instalados en suelos pobres en P sin aplicación de P, la corrección de la deficiencia es más eficiente aplicando e incorporando toda la dosis requerida en una sola ocasión.

La fertilización de huertos en producción, además de considerar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debe también considerar la producción esperada. En base a esta información se diseñaron recomendaciones de N, P y K para huertos en producción. Las recomendaciones para naranjas con destino a la industria se presentan en la **Tabla 5** y para el mercado fresco en la **Tabla 6**, las recomendaciones para limón Tahití y otros limones en la **Tabla 7** y para mandarinas y tangores Murcott en la **Tabla 8**.

La fertilización se debe hacer durante la temporada de lluvias porque la demanda de nutrientes por parte de los cítricos es mayor cuando se presenta el flujo de crecimiento vegetativo más intenso. La planta debe

**Tabla 5. Recomendaciones de fertilización para naranjas con destino a la industria en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.**

| Rend.<br>$t \text{ ha}^{-1}$  | N foliar, g $\text{kg}^{-1}$ |         |      | P resina, mg $\text{dm}^{-3}$ |        |         |      | K intercambiable, mmol <sub>c</sub> $\text{dm}^{-3}$ |           |           |       |
|---|------------------------------|---------|------|-------------------------------|--------|---------|------|--|-----------|-----------|-------|
|   | < 23                         | 23 - 27 | > 27 | < 5                           | 6 - 12 | 13 - 30 | > 30 | < 0.7  | 0.8 - 1.5 | 1.6 - 3.0 | > 3.0 |
| N - $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ , kg $\text{ha}^{-1}$ |                              |         |      |                               |        |         |      |  |           |           |       |
| < 20  | 120                          | 80      | 70   | 80                            | 60     | 40      | 0    | 80   | 60        | 40        | 0     |
| 21 - 30   | 140                          | 120     | 90   | 100                           | 80     | 60      | 0    | 120  | 100       | 60        | 0     |
| 31 - 40   | 200                          | 160     | 130  | 120                           | 100    | 80      | 0    | 140  | 120       | 80        | 40    |
| 41 - 50   | 220                          | 200     | 160  | 140                           | 120    | 100     | 0    | 180  | 140       | 100       | 50    |
| > 50  | 240                          | 220     | 180  | 160                           | 140    | 120     | 0    | 200  | 160       | 120       | 60    |

**Tabla 6. Recomendaciones de fertilización para naranjas con destino al mercado fresco en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.**

| Rend.              | N foliar, g kg <sup>-1</sup>  |         |      | P resina, mg dm <sup>-3</sup> |        |         |      | K intercambiable, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |           |           |       |
|--------------------|---|---------|------|-------------------------------|--------|---------|------|--|-----------|-----------|-------|
|                    | < 23  | 23 - 27 | > 27 | < 5                           | 6 - 12 | 13 - 30 | > 30 | < 0.7  | 0.8 - 1.5 | 1.6 - 3.0 | > 3.0 |
| t ha <sup>-1</sup> | N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> |         |      |                               |        |         |      |  |           |           |       |
| < 20               | 100   | 80      | 60   | 80                            | 60     | 40      | 0    | 140  | 120       | 100       | 40    |
| 21 - 30            | 120   | 100     | 80   | 120                           | 100    | 60      | 0    | 160  | 140       | 120       | 80    |
| 31 - 40            | 160   | 140     | 100  | 140                           | 120    | 80      | 0    | 200  | 180       | 160       | 100   |
| > 40               | 180   | 160     | 120  | 160                           | 140    | 100     | 0    | 220  | 200       | 180       | 120   |

**Tabla 7. Recomendaciones de fertilización para limón Tahití y otros limones en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.**

| Rend.              | N foliar, g kg <sup>-1</sup>  |         |      | P resina, mg dm <sup>-3</sup> |        |         |      | K intercambiable, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |           |           |       |
|--------------------|---|---------|------|-------------------------------|--------|---------|------|--|-----------|-----------|-------|
|                    | < 17  | 18 - 22 | > 22 | < 5                           | 6 - 12 | 13 - 30 | > 30 | < 0.7  | 0.8 - 1.5 | 1.6 - 3.0 | > 3.0 |
| t ha <sup>-1</sup> | N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> |         |      |                               |        |         |      |  |           |           |       |
| < 20               | 100   | 80      | 60   | 70                            | 50     | 30      | 0    | 120  | 100       | 60        | 0     |
| 21 - 30            | 140   | 120     | 80   | 90                            | 70     | 40      | 0    | 160  | 120       | 80        | 60    |
| 31 - 40            | 200   | 160     | 100  | 120                           | 100    | 50      | 0    | 220  | 180       | 140       | 80    |
| 41 - 50            | 220   | 200     | 120  | 140                           | 120    | 60      | 0    | 280  | 200       | 160       | 100   |
| > 50               | 260   | 220     | 140  | 160                           | 140    | 70      | 0    | 300  | 240       | 200       | 120   |

**Tabla 8. Recomendaciones de fertilización para mandarinas y tangores Murcott en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.**

| Rend.              | N foliar, g kg <sup>-1</sup>  |         |      | P resina, mg dm <sup>-3</sup> |        |         |      | K intercambiable, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |           |           |       |
|--------------------|---|---------|------|-------------------------------|--------|---------|------|--|-----------|-----------|-------|
|                    | < 23  | 23 - 27 | > 27 | < 5                           | 6 - 12 | 13 - 30 | > 30 | < 0.7  | 0.8 - 1.5 | 1.6 - 3.0 | > 3.0 |
| t ha <sup>-1</sup> | N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> |         |      |                               |        |         |      |  |           |           |       |
| < 20               | 80  | 70      | 60   | 70                            | 50     | 30      | 0    | 80   | 60        | 40        | 0     |
| 21 - 30            | 110   | 90      | 70   | 90                            | 70     | 40      | 0    | 110  | 80        | 50        | 10    |
| 31 - 40            | 160   | 130     | 100  | 130                           | 100    | 50      | 0    | 160  | 110       | 70        | 20    |
| 41 - 50            | 200   | 170     | 140  | 160                           | 120    | 60      | 0    | 200  | 140       | 100       | 30    |
| > 50               | 230   | 190     | 150  | 180                           | 140    | 70      | 0    | 220  | 150       | 120       | 40    |

acumular buenas y equilibradas reservas de nutrientes en la biomasa para garantizar los patrones normales de floración y amarre de fruta (Bustan y Goldschmidt, 1998).

El fraccionamiento de las dosis de N y K en tres o cuatro aplicaciones durante el año aumenta la eficiencia de la fertilización al reducir las pérdidas de nutrientes del suelo con el agua de drenaje (principalmente en suelos arenosos) y al ajustar el suplemento de nutrientes a las demandas de la planta en los diferentes períodos de desarrollo, desde la floración hasta la maduración del fruto. En Brasil se recomienda aplicar de 30 a 40 % del N y K en la floración y el resto dividirlo entre los meses de octubre y mayo del año siguiente. En variedades tempranas como Hamlin y Westin, se recomienda que el último fraccionamiento se realice en febrero.

### Fertigación

La fertigación es una técnica que permite la aplicación de fertilizantes a las plantas a través del agua de riego. Con el uso de este sistema es posible aumentar el fraccionamiento de los fertilizantes y reducir las dosis de nutrientes que se entregan en cada aplicación.

La fertigación es una práctica reciente en Brasil, especialmente en la industria de cítricos, sector que ha demandado estudios que respondan a las diversas inquietudes sobre esta forma de manejo de la nutrición. Las recomendaciones de fertigación utilizadas en las regiones de clima templado y mediterráneo, como España e Israel, consideran condiciones de suelos con pH alto (> 6.5), diferentes de los suelos ácidos que predominan en Brasil.

Los resultados de investigación en cítricos en suelos tropicales han demostrado que la eficiencia de los fertilizantes aumenta hasta en 25 % utilizando fertigación en comparación con el uso de fertilizantes sólidos convencionales (Quaggio et al., 2006b). En consecuencia, en un huerto fertilizado por goteo, las dosis de N y K presentadas en las **Tablas 5 a 8** se pueden reducir hasta en 20 %.

Cuando se utiliza goteo para la fertigación, los fertilizantes se aplican en forma localizada lo que promueve mayor acidificación en la sección del suelo donde se localiza el bulbo húmedo. Al contrario, cuando no se utiliza fertigación los fertilizantes convencionales se aplican sobre una superficie más grande, lo que reduce el potencial de acidificación. No se recomienda el uso del ácido fosfórico como fuente de P en suelos tropicales ácidos, sin embargo, se lo puede usar para limpiar el sistema de fertigación. Debido al mayor costo de las fuentes de P que tienen menor capacidad de acidificación, la fertilización con P se puede hacer en forma convencional (fertilizantes sólidos) utilizando las recomendaciones de las **Tablas 5 a 8**.

### *Micronutrientes*

El boro (B), zinc (Zn) y manganeso (Mn) son los micronutrientes más importantes para la producción de cítricos y los síntomas visuales de deficiencia son más frecuentes (Quaggio et al., 2005; Mattos Junior et al., 2005). La deficiencia de B es cada vez más común en los cítricos debido a la baja disponibilidad del nutriente en el suelo por efecto de condiciones climáticas que reducen la absorción de este nutriente (prolongada sequía o exceso de lluvias). En regiones más frías, la menor transpiración de las plantas reduce la absorción de B (Brown y Shelp, 1997). Las plantas injertadas en la toronja Swingle son más exigentes en B que las injertadas en limonero Cravo (Boaretto et al., 2008).

La deficiencia de Zn se ha generalizado en los huertos de Brasil, principalmente en la variedad Pera (Moreira, 1960). Las plantas de cítricos con deficiencia de Zn tienen pocos brotes de aspecto viejo y sin vigor y el crecimiento del dosel y la producción se reducen. Algunos porta injertos, como las mandarinas Cleopatra y Sunki, son más exigentes en Zn y por lo tanto requieren de aplicaciones adicionales en comparación con el limón Cravo.

La deficiencia de Mn también es común en huertos de cítricos, pero sólo en condiciones severas puede reducir el rendimiento de las plantas. Los síntomas se observan más frecuentemente en la variedad Pera, sobre todo en suelos recientemente encalados o cuando se producen períodos secos durante el verano.



Foto 1. Planta de naranja con síntoma de deficiencia de N. Las hojas, especialmente las más viejas, presentan una coloración verde pálida (Foto de José Antonio Quaggio).



Foto 2. Síntoma de deficiencia de P. Las hojas más viejas tienen un aspecto amarillento a bronceado, el árbol tiende a perder hojas y se ve de poco vigor. La parte central de la fruta tiende a abrirse (Foto de José Antonio Quaggio).

La deficiencia de cobre (Cu) en los cítricos se ha vuelto relativamente común, especialmente durante la formación de la huerta, debido a que en este periodo se hacen muy pocas pulverizaciones con fungicidas cúpricos, práctica muy común cuando el huerto está en producción (Mattos Junior et al., 2005).

La aspersión foliar es la principal forma de aplicar los micronutrientes en la producción de cítricos, no sólo porque se necesitan cantidades pequeñas de micronutrientes, sino también porque evita la adsorción

de los micronutrientes metálicos en los coloides del suelo, lo que reduce la disponibilidad para las plantas (Camargo, 1991). Sin embargo, micronutrientes como Mn, Zn y B tienen baja movilidad en el floema (Labanauskas et al., 1964; Embleton et al., 1965; Boaretto et al., 2002, 2004). Por esta razón, las aplicaciones foliares de micronutrientes deben hacerse durante la etapa de mayor crecimiento vegetativo (primavera y verano), cuando las hojas están todavía jóvenes y el desarrollo de la cutícula es escaso. Esto facilita la absorción y proporciona los micronutrientes necesarios para el desarrollo de nuevos órganos.

En los huertos de menos de 4 años de edad se recomiendan aplicaciones foliares mensuales de Zn, Mn, Cu y B en primavera y verano. Los huertos en producción deben recibir de tres a cuatro pulverizaciones durante la temporada de lluvias, siempre que existan brotes nuevos en la planta. Las fuentes de micronutrientes metálicos (Zn, Mn, Cu) más recomendadas son las sales en forma de cloruros, sulfatos y nitratos. La fuente de B más recomendada para aplicaciones foliares es el ácido bórico, que es compatible con la mayoría de los plaguicidas.

En general, para la fertilización foliar de los cítricos se recomienda utilizar soluciones de las sales mencionadas anteriormente en las siguientes concentraciones: Zn = 500 - 1 000 mg L<sup>-1</sup>, Mn = 300 - 700 mg L<sup>-1</sup>, B = 200 - 300 mg L<sup>-1</sup> y Cu = 600 - 1 000 mg L<sup>-1</sup>, junto con 5 g L<sup>-1</sup> de urea como adyuvante. Las cantidades de los productos varían según el tipo de sal utilizada (cloruro, sulfato y nitrato). Se deben utilizar las concentraciones más bajas del rango siempre que se utilicen cloruros como fuente de micronutrientes, para evitar la quema de las hojas. Por otro lado, se recomienda utilizar las concentraciones más bajas del rango para aplicaciones de mantenimiento, mientras que cuando existen síntomas visibles de deficiencia se deben emplear concentraciones más altas. La aspersión con soluciones de mayor concentración debe hacerse durante las horas más frescas del día para evitar que se quemén las hojas y frutos.

La aplicación de B en cítricos debe hacerse de preferencia al suelo. Sin embargo, la adición de B a mezclas NPK suele traer problemas de segregación, debido a que es difícil conseguir una fuente granulada de B. La adición de B a los fertilizantes complejos para incorporar el B en el mismo gránulo es ventajosa desde el punto de vista agronómico. La aplicación de ácido bórico disuelto en la solución de herbicidas de contacto como el glifosato es la manera más práctica y eficiente para aplicar B. En general, la aplicación de estos herbicidas se realiza dos o tres veces al año utilizando un volumen de solución de 200 L ha<sup>-1</sup>, en el cual se puede disolver una dosis de 1 kg de B ha<sup>-1</sup> (6 kg de ácido bórico ha<sup>-1</sup>). Se recomienda una aplicación anual de 2 kg de B ha<sup>-1</sup>, independientemente de la edad de la



Foto 3. Síntoma de deficiencia de Mg en cítricos. Clorosis interenal que aparece en las hojas viejas (Foto de Dirceu Mattos Junior).



Foto 4. Árbol con deficiencia de B recuperado con aplicación de este elemento al suelo. Nótese el contraste entre el aspecto atrofiado de los tejidos más viejos en contraste con el crecimiento vigoroso y espontáneo desarrollado después de la aplicación de B (Foto de José Antonio Quaggio).

plantación. Cuando se utilizan porta injertos de toronja Swingle que es más exigente en B se tiene que aumentar la dosis a 3 kg de B ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

#### Desórdenes nutricionales: diagnóstico visual

Las concentraciones demasiado bajas provocan deficiencias que promueven la presencia de trastornos característicos en las raíces, tallos, hojas o frutos de las plantas. Lo mismo ocurre con las concentraciones en exceso que provocan toxicidades. Además de los nutrientes, otros elementos tóxicos también pueden causar síntomas de toxicidad cuando se absorben en altas concentraciones.

Normalmente, cuando el problema es agudo, los síntomas de estos trastornos son visibles en las hojas y el desarrollo y rendimiento de la planta se afectan considerablemente. Aunque los síntomas son característicos, éstos pueden confundirse si hay deficiencia o toxicidad de más de un elemento. Otros factores tales como daños causados por plagas y enfermedades también pueden provocar síntomas muy parecidos. Los síntomas de deficiencia de nutrientes

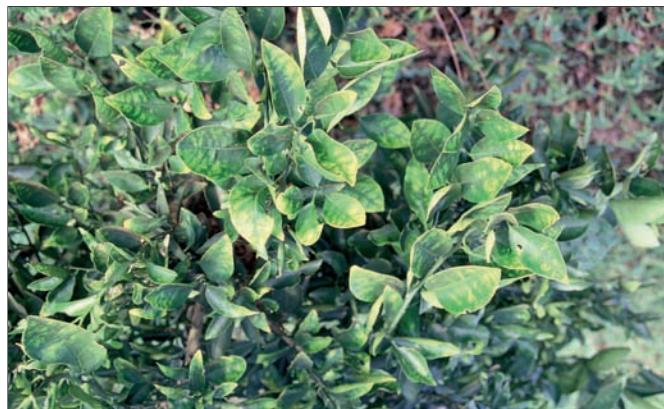


Foto 5. Síntoma de fitotoxicidad de B en una planta adulta, obsérvese la rama con fruta (Foto de José Antonio Quaggio).



Foto 6. Síntoma de deficiencia de Zn en cítricos. Las hojas nuevas presentan clorosis intervenal, poco crecimiento y aspecto lanceolado (Foto de Dirceu Mattos Junior).



Foto 7. Síntoma de deficiencia de Mn en cítricos. Las hojas presentan clorosis intervenal, pero tienen tamaño normal (Foto de Dirceu Mattos Junior).

más comúnmente observados en huertos y viveros de cítricos se presentan en las **Fotos 1 a 7**.

### Bibliografía

Alva, A.K., D. Mattos Junior, S. Paramasivam, B. Patil, H. Dou, and K.S. Sjawan. 2006. Potassium management for optimizing citrus production and quality. International Journal of Fruit Science, Binghamton, 6(1):3-43.

Bataglia, O.C., O. Rodriguez, R. Hiroce, J.R. Gallo, P.R. Furlani, e A.M.C. Furlani. 1977. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. Bragantia, 36:215-221.

Boaretto, A.E., T. Muraoka, e I.C. Rêgo. 1996. Calagem e gessagem em citricultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: nutrição, 4. Bebedouro. Anais... Campinas: Fundação Cargill, p. 115-130.

Boaretto, A.E., R.M. Boaretto, T. Muraoka, V.F. Nascimento Filho, C.S. Tiritan, and F.A.A. Mourão Filho. 2002. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaf concentrations and <sup>65</sup>Zn mobilization within the plant. Acta Horticulturae, 594:203-209.

Boaretto, A.E., R.M. Boaretto, T.L.M. Contin, e T. Muraoka. 2004. É móvel ou imóvel o boro em laranjeiras? Laranja, 25:195-208.

Boaretto, R.M., J.A. Quaggio, F.A.A. Mourão Filho, M.F. Giné, and A.E. Boareito. 2008. Absorption and mobility of boron in young citrus plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39:2501-2514.

Brown, P. and B.J. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. Plant and Soil, 193:85-101.

Bustan, A. and E.E. Goldschmidt. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. Plant Cell and Environment, 21:217-224.

Camargo, O.A. 1991. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: Ferreira, M.E., e M.C.P. Cruz, (Eds.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: POTAPOS/CNPq, p. 233-272.

Cantarella, H., D. Mattos Junior, J.A. Quaggio, and A.T. Rigolin. 2003. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 67:1-9.

Embleton, T.W., E.F. Wallihan, and G.E. Goodall. 1965. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 86:253-259.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2009. Faostat - statistical databases. Disponível em: <<http://apps.www.fao.org>>. Acesso em: 14 de março de 2009.

Jackson, L.K., A.K. Alva, D.P.H. Tucker, and D.V. Calvert. 1995. Factors to consider in developing a nutrition program. In: Tucker, D.P.H., A.K. Alva, L.K. Jackson, and T.A. Wheaton. (Eds.). Nutrition of Florida Citrus Trees. Gainesville: Univ. of Florida, p. 3-12. (SP 169).

Labanauskas, C. K., W.W. Jones, and T.W. Embleton. 1964. Effects of foliar applications of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of Valencia oranges and nutrient concentrations in the leaves,

- peel and juice. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 82:143-153.
- Mattos Junior, D., J.A. Quaggio, e H. Cantarella. 2003a. Manejo da fertilidade do solo. In: Mattos Junior, D., D. De Negri, e J.O. Figueiredo. Lima ácida Thaiti. Campinas: Instituto Agronômico, p. 67-80.
- Mattos Junior, D., A.K. Alva, S. Paramasivam, and D.A. Graetz. 2003b. Nitrogen mineralization and volatilization in sandy Entisol under citrus trees. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 34:1803-1824.
- Mattos Junior, D., J.A. Quaggio, H. Cantarella, and A.K. Alva. 2003c. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. Scientia Agricola, 60:155-160.
- Mattos Junior, D., J.A. Quaggio, H. Cantarella, e S.A. Carvalho. 2004. Modelos de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. Revista Brasileira de Fruticultura, 26:164-167.
- Mattos Junior, D., O.C. Bataglia, e J.A. Quaggio. 2005. Nutrição dos citros. In: Mattos Junior, D., J.D. Negri R.M. Pio, e J. Pompeu Junior. (Eds.). Citros. Campinas, São Paulo: Instituto Agronômico e FUNDAG. p. 197-219.
- Moreira, S. 1960. Um novo problema para nossa citricultura. Revista de Agricultura, 35:77-82.
- Paramasivam, S., A.K. Alva, K. Hostler, G.W. Easterwood, and J.S. Southwell. 2000. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. Journal of Plant Nutrition, 23(3):313-327.
- Quaggio, J.A., B. van. Raij, and E. Malavolta. 1985. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirements of soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 16: 245-260.
- Quaggio, J.A., J. Teófilo Sobrinho, and A.R. Dechen. 1992. Response to liming of 'Valencia' orange tree on Rangpur lime: effects of soil acidity on plant growth and yield. Proceedings of the International Society of Citriculture, 2:628-632.
- Quaggio, J.A. 1996. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação. In: Donadio, L.C., J.G. Baumgartner. (Coords.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., Bebedouro. Campinas: Fundação Cargill, p. 95-114.
- Quaggio, J.A., H. Cantarella, and D. Mattos Junior. 1996. Soil testing and leaf analysis in Brazil - recent developments. Proceedings of the International Society of Citriculture, 2:1269-1275.
- Quaggio, J.A., H. Cantarella, and B. van Raij. 1998. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a basis for citrus fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52:67-74.
- Quaggio, J.A. D. Mattos Junior, H. Cantarella, E.L.E. Almeida, and S.A.B. Cardoso. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. Scientia Horticulturae, 96:151-162.
- Quaggio, J.A., D. Mattos Junior, e H. Cantarella. 2005. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: Mattos Junior, D., J.D. De Negri, R.M. Pio, e J. Pompeu Junior. (Eds.). Citros. Campinas: Instituto Agronômico, p. 483-517.
- Quaggio, J.A., D. Mattos Junior, and H. Cantarella. 2006a. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. Fruits, 61(5):1-10.
- Quaggio, J. A., G.O. Silva, T.R. Souza, D. Mattos Junior, e Y. Krontal. 2006b. Dinâmica de íons no solo e ganhos de eficiência fertilizante devido a irrigação e fertirrigação na citricultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO, 27., 2006, Bonito, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, CD-ROM.
- Raij, B. van., J.C. Andrade, H. Cantarella, e J.A. Quaggio (Eds.). 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 285 p.
- Raij, B. Van., H. Cantarella, J.A. Quaggio, e A.M.C. Furlani. 1997. Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 300 p. (Boletim 100). 

# INDICADORES VISUALES DE LA DEFICIENCIA

## DE POTASIO EN MAIZ

T. Scott Murrell\*

### Introducción

La expresión visual de la deficiencia de potasio (K) en maíz más ampliamente reconocida es la clorosis y necrosis marginal de las hojas viejas, como la que se presenta en la **Foto 1**. Sin embargo, cuando este síntoma aparece en la planta el rendimiento del cultivo ya podría haber sido afectado (Bly et al., 2002). Aun cuando este signo de la deficiencia es el más conocido, éste no es el único indicador visual de la deficiencia de K que también puede presentarse con otras manifestaciones visuales que pueden aparecer con o sin la necrosis marginal y con variable severidad dentro del campo. A medida que el número de síntomas visuales se incrementa existe una mayor probabilidad de que la deficiencia de K sea más severa. Este artículo describe a continuación estas evidencias adicionales. Puede ser difícil observar algunos de estos indicadores de deficiencia de K sin que exista un área de referencia en el campo donde se conozca que el contenido de K en el suelo es suficiente. Inicialmente, esta área se puede crear con la aplicación de una cantidad alta de K que luego se mantiene con el tiempo para reponer el K removido con las sucesivas cosechas.

### Plantas pequeñas

Es conocido por mucho tiempo que la deficiencia de K afecta el crecimiento lo que resulta en plantas más pequeñas. Este efecto fue demostrado hace décadas por Younts y Musgrave (1958) en dos experimentos de campo que probaron dosis, fuentes y métodos de aplicación de K. Las medias, a través de todos los factores estudiados, demostraron que la fertilización con K incrementó significativamente ( $p = 0.05$ ) el tamaño de la planta entre 11 y 28 %, 10 y 12 %, 9 y 16 % y 15 y 36 % cuando las mediciones se hicieron a los 26, 31, 44 y 65 días después de la siembra, respectivamente.

### Reducción de las dimensiones de la hoja y del área foliar

Una medida que cuantifica las diferencias en área foliar es el Indice de Area Foliar (IAF). Este índice es la relación entre el área foliar y una unidad de superficie de tierra (Watson, 1947). Estudios conducidos por Jordan-Meille y Pellerin (2004) encontraron que las plantas deficientes en K tenían un IAF menor que las plantas normales. La mayoría de las hojas en las plantas deficientes en K fueron más angostas y más pequeñas



**Foto 1.** La clorosis y necrosis marginal de las hojas viejas es el síntoma visual de deficiencia de K más conocido. La estaca indica un tratamiento con cero K.

que aquellas plantas que tenía suficiente K, lo que redujo el área foliar (**Figura 1**). Las hojas 5 a 7 fueron las más afectadas presentando reducciones en largo de aproximadamente 25 %. Se observaron similares reducciones para el ancho de la hoja, lo que resultó en una reducción total de 50 % en el área foliar. Las hojas que emergieron temprano o tarde en el ciclo fueron menos afectadas. Por ejemplo, las hojas 17 a la 20 tuvieron largo, ancho y superficie iguales o mayores a las hojas con adecuado K. Aun cuando estas hojas que se desarrollaron tuvieron áreas foliares más grandes, el incremento no fue suficiente para compensar las reducciones producidas en las hojas viejas, lo que produjo una reducción del IAF total de la planta.

### Desarrollo vegetativo lento

La deficiencia de K puede también retrasar el crecimiento. Jordan-Meille y Pellerin (2004) midieron una pequeña pero significativa reducción en el número de hojas visibles en plantas deficientes en K, en todos los períodos de muestreo. La mayor diferencia se presentó cuando se observaron 15 hojas visibles en las plantas con adecuado K. En este momento, las hojas deficientes en K tenían 0.8 hojas visibles menos que las que tenía adecuado K, indicando un retraso en crecimiento de cerca de un estado vegetativo. En un trabajo de invernadero previo, Koch y Estes (1975) no reportaron retraso en el número de hojas totalmente

\* Tomado de: T.S. Murrell. Visual Indicators of Potassium Deficiency in Corn. *Better Crops With Plant Food* 94(1):14-15.

expandidas hasta el final de su periodo de muestreo que fue en la hoja 11. Estos resultados no son necesariamente inconsistentes con los de Jordan-Meille y Pellerin (2004), ya el máximo retraso en madures reportado por estos investigadores fue menor a una hoja y ellos reportaron hojas visibles antes que hojas totalmente expandidas.

### Retraso en la floración masculina

Las plantas de maíz con insuficiente K pueden tardar más para llegar al estado VT (panoja) que las plantas con suficiente K. Peaslee et al. (1971) encontraron que plantas de maíz no fertilizadas, deficientes en K y sembradas temprano en la temporada, tardaron 84 grados día de crecimiento (GDC) más para llegar al estado VT que a las plantas con buena provisión de K. Al maíz sin fertilizar que se sembró más tarde le tomó 53 GDC más para llegar a VT. Younts y Musgrave (1958) observaron lo mismo a 65 días después de la siembra en uno de sus experimentos, donde la fertilización con K incrementó significativamente ( $p = 0.05$ ) el porcentaje de plantas que llegó a VT (8 a 16 %). Sin embargo, en otro experimento, la fertilización con K no produjo incrementos significativos en el porcentaje de plantas que llegaron a la panoja. Además, uno de los tratamientos del experimento en el que se aplicó una dosis de  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  usando  $\text{KCl}$  produjo una significativa ( $p = 0.05$ ) reducción en el porcentaje de plantas que llegaron a VT (16 %), cuando las plantas se muestrearon a los 65 después de la siembra. En resumen, si bien es posible un incremento en el número de días que le toma a la planta de maíz para llegar a panoja como efecto de la falta de K, esta condición no parece ser consistente.

### Retraso en la floración femenina

Al igual que con la panoja, el desarrollo del cultivo para que aparezcan los estigmas en la mazorca (R1) puede también retrasarse debido a la deficiencia de K. Younts y Musgrave (1958) observaron que el maíz fertilizado con K presentaba significativos incrementos ( $p = 0.05$ ) en el porcentaje de plantas que llegaban a R1 de los 69 a los 73 días después de la siembra, dependiendo del experimento. Estos incrementos variaron entre 8 y 34 %.

### Acame

El acame en maíz puede presentarse por enfermedades, daño por insectos, pobre desarrollo de la planta por deficiencia de K o por una combinación de estos factores.

El acame por mal desarrollo de la planta causado por deficiencia de K fue demostrado por Liebhardt y Murdock (1965). La investigación de estos dos científicos encontró que la deficiencia de K acelera el rompimiento de las células del parénquima en las



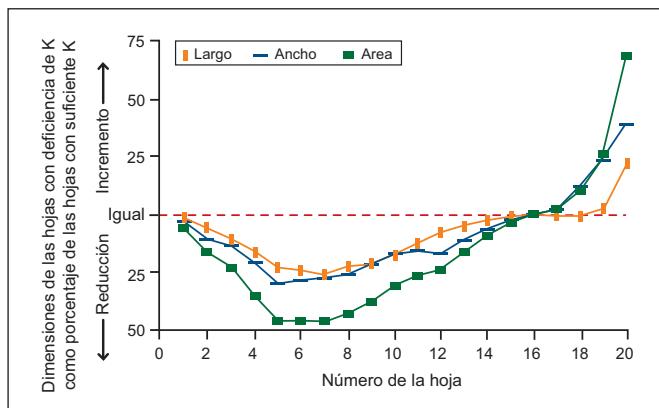
Foto 2. Acame de maíz provocado por deficiencia de K.

raíces de soporte y la desintegración de las células del parénquima del tallo. Las raíces de soporte mal desarrolladas promueven el acame por colapso de estas raíces, condición que ocurre temprano en el ciclo, después de R1. La desintegración de las células del parénquima promueve el rompimiento del tallo, lo que ocurre más tarde en el ciclo durante el estado de indentación de los granos en la mazorca (R5) (**Foto 2**).

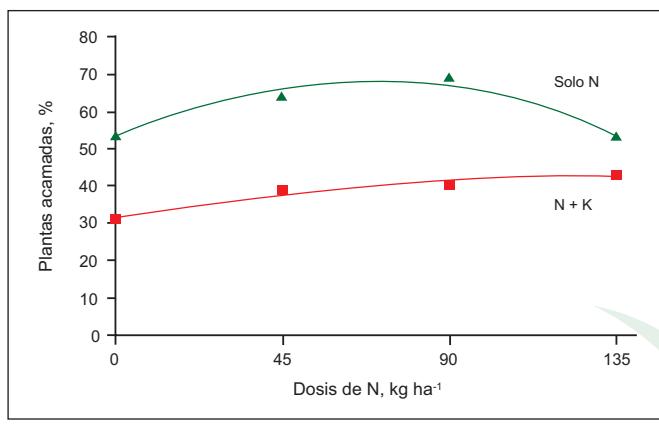
No se observó la presencia de enfermedades en el tallo hasta la madurez del cultivo (R6) cuando el tejido del parénquima del tallo se había desintegrado significativamente. Boswell y Parks (1957) demostraron que los diferentes híbridos difieren en la susceptibilidad al acame a nivel de raíces de soporte y al acame por rompimiento de tallo. Sin embargo, el bajo suplemento de K en el suelo incrementa ambos acames en un 12 %, sin importar la susceptibilidad de los híbridos.

Se demostró que el acame por rompimiento del tallo estaba relacionado con las concentraciones elementales de nitrógeno (N) y K en el tallo, cuando las concentraciones de K eran bajas. Se observó que el rompimiento de las células del parénquima del tallo ocurría cuando la concentración de N era de 3 a 4 veces mayor que la de K (Liebhardt y Murdock, 1965). Fisher y Smith (1960) aislaron los efectos del N y K en el acame y encontraron que la incidencia de acame se incrementaba cuando se aplicaba N sin aplicar K en suelos con bajo contenido de K (**Figura 2**), lo que concordaba con los resultados obtenidos por Liebhardt y Murdock (1965).

Las enfermedades fungosas también pueden producir acame y se ha demostrado que la deficiencia de K incrementa la severidad del problema. En una reciente revisión, Prabhu et al. (2007) catalogaron tres patógenos que atacan al tallo (*Fusarium moniliforme*, *Gibberella zeae* y *Diplodia zeae*) y observaron que el maíz presenta más susceptibilidad a estos patógenos cuando existe deficiencia de K.



**Figura 1.** Dimensiones de la hoja (largo y ancho) y el área superficial de hojas deficientes en K como porcentaje de las dimensiones de las hojas y área de superficie de hojas con adecuado K.



**Figura 2.** Porcentaje de plantas acamadas en función de la dosis de N. Se promedió la respuesta al K en las dosis de 45 y 90 kg de  $\text{K}_2\text{O} \text{ ha}^{-1}$ .

## Resumen

A pesar de que la clorosis y necrosis marginal de las hojas es el síntoma visual de deficiencia de K más conocido, existen otros indicadores de bajo suplemento de K en maíz. En este artículo se discuten varios retrasos o cambios en el desarrollo de la planta que pueden ayudar a los consultores y agricultores a dilucidar el problema mientras observan el campo. El detectar estos retrasos y cambios puede ser difícil si no se tiene un área de referencia con maíz cultivado con un adecuado

suplemento de K. Por esta razón, se sugiere que se establezca y mantenga en el tiempo un área de esta naturaleza en el campo para tener las bases para la comparación.

## Bibliografía

- Boswell, F.C. and W.L. Parks. 1957. The effect of soil potassium levels on yield, lodging, and mineral composition of corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 21:301.
- Bly, A., R.H. Gelderman, J. Gerwing, and T.S. Murrell. 2002. Symptoms associated with potassium deficiency in corn. *Better Crops* 86(3):12-15.
- Fisher, F.L. and O.E. Smith. 1960. The influence of nutrient balance on yield and lodging of Texas hybrid corn no. 28. *Agron. J.* 52:201.
- Jordan-Meille, L. and S. Pellerin. 2004. Leaf area establishment of a maize (*Zea Mays*) field crop under potassium deficiency. *Plant Soil* 265:75-92.
- Koch, D.W. and G.O. Estes. 1975. Influence of potassium stress on growth, stomatal behavior, and  $\text{CO}_2$  assimilation in corn. *Crop Sci.* 15:697-699.
- Liebhardt, W.C. and J.T. Murdock. 1965. Effect of potassium on morphology and lodging of corn. *Agron. J.* 57:325.
- Peaslee, D.E., J.L. Ragland, and W.G. Duncan. 1971. Grain filling period of corn as influenced by phosphorus, potassium and the time of planting. *Agron. J.* 63:561.
- Prabhu, A.S., N.K. Fageria, D.M. Huber, and F.A. Rodrigues. 2007b. Potassium and plant diseases. p. 57-78. In Datnoff et al. (ed.) *Mineral nutrition and plant disease*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Watson, D.J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot.* 11:41-76.
- Younts, S.E. and R.B. Musgrave. 1958. Growth, maturity, and yield of corn as affected by chloride in potassium fertilizer. *Agron. J.* 50:423-426.



# EL USO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS AGOTA LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO?

J.H. Grove, E.M. Pena-Yewtukhiw, M. Diaz-Zorita y R.L. Blevins\*

## Introducción

Históricamente, los científicos especialistas en suelos han considerado que el carbono orgánico del suelo (COS) y el nitrógeno (N) están positiva e intrínsecamente ligados. Los textos de ciencia del suelo destacan la relación entre las pérdidas de materia orgánica del suelo (MOS), y la asociada pérdida de nutrientes como N, fósforo (P), potasio (K) y azufre (S), cuando discuten la pérdida del potencial productivo del suelo. Al momento, muchos proyectos de investigación están encaminados a determinar la calidad del suelo y cuantificar el secuestro de C, sin embargo, la mayoría de los reportes recientes provenientes de este tipo de investigación no están acompañados con información referente a los cambios del estado de otros nutrientes ligados a la MOS.

Debido al énfasis actual en almacenamiento de C es muy importante entender las prácticas de manejo del suelo y del cultivo que contribuyen a la ganancia o pérdida de MOS. Nuevamente, los libros de texto generalmente enseñan que la productividad del cultivo se incrementa cuando se añade un nutriente (o cualquier otro factor) limitante. El crecimiento de la planta es la fuente del C residual que eventualmente pasa a ser COS. La aplicación de N en forma de fertilizantes (al igual que el agua) es el factor más importante en el crecimiento en los cereales, por esta razón, se considera que la nutrición de las plantas contribuye positivamente a la acumulación de MOS. Contrastando con estos conceptos, Khan et al. (2007), utilizando datos históricos y datos nuevos de las parcelas Morrow en la Universidad de Illinois, reportaron que “el análisis de estos datos que demostraría que la utilización de fertilizantes nitrogenados promueve la descomposición de los residuos de cultivo y de la MOS...”. Estas afirmaciones son contrarias a la visión establecida de estos conceptos.

Un examen minucioso del artículo escrito por Khan et al. (2007) demuestra que los cambios observados en MOS resultan de varios procesos y prácticas confusas y coincidentes. Las parcelas Morrow cubiertas por pasto nativo de pradera se incorporaron a investigación en 1876, se instaló un sistema de drenaje en 1904, los residuos de los cultivos se removieron totalmente de todas las parcelas hasta 1955 y en algunas parcelas hasta 1967 y se labraron con subsolador antes que con arado de vertedera después de 1997. Se reemplazó la avena con soya en una de las dos rotaciones en 1967. Algunas parcelas pasaron de aplicaciones conjuntas de C orgánico



Foto 1. Area experimental: Cultivo de cobertura mostrando diferencias en crecimiento como efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado.



Foto 2. Area experimental: Atrás se ve el crecimiento vigoroso durante el periodo vegetativo en respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado.

y otros nutrientes (residuos de corral) a parcelas fertilizadas con fuentes inorgánicas de nutrientes en 1955, cosa que ocurrió también con otras parcelas en 1967. Todos estos cambios no permiten tener parcelas que sirvan de apropiados testigos en el tiempo y en el espacio.

El objetivo del estudio reportado en este artículo fue el de examinar la evidencia agronómica y la evidencia en el suelo que permita aceptar o desechar la hipótesis de que el uso de fertilizantes nitrogenados a largo plazo reduce el contenido de COS. Se determinaron los niveles de COS en el perfil resultante de la evaluación de los siguientes tratamientos:

- Conversión de un pasto nativo a producción continua de maíz.
- Manejo del suelo con siembra directa (SD) o labranza convencional con arado de vertedera (LC).

\* Tomado de: Grove, J.H., E.M. Pena-Yewtukhiw, M. Diaz-Zorita, and R.L. Blevins. Does Fertilizer N “Burn Up” Soil Organic Matter?. *Better Crops With Plant Food* 93(4):6-8.

**Tabla 1.** Rendimiento promedio en maíz en los primeros 15 años, en los últimos 15 años y durante los 39 años de duración del estudio.

| Sistema de labranza | Dosis de N<br>kg ha <sup>-1</sup> | Rendimiento de maíz, t ha <sup>-1</sup> |                                  |                                    |
|---------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|
|                     |                                   | Primeros 15 años<br>(1970 - 1984)       | Últimos 15 años<br>(1994 - 2008) | Todos los 39 años<br>(1970 - 2008) |
| Arado de vertedera  | 0                                 | 5.41                                    | 2.77                             | 3.77                               |
|                     | 85                                | 7.55                                    | 6.35                             | 6.67                               |
|                     | 170                               | 7.74                                    | 7.30                             | 7.30                               |
|                     | 340                               | 8.05                                    | 7.74                             | 7.67                               |
| Siembra directa     | 0                                 | 4.47                                    | 3.27                             | 3.84                               |
|                     | 85                                | 7.30                                    | 7.04                             | 6.92                               |
|                     | 170                               | 7.93                                    | 8.37                             | 7.93                               |
|                     | 340                               | 8.05                                    | 8.18                             | 7.93                               |

- Ninguna aplicación de N y aplicación continua de cantidades adecuadas o excesivas de fertilizante nitrogenado.

## Materiales y métodos

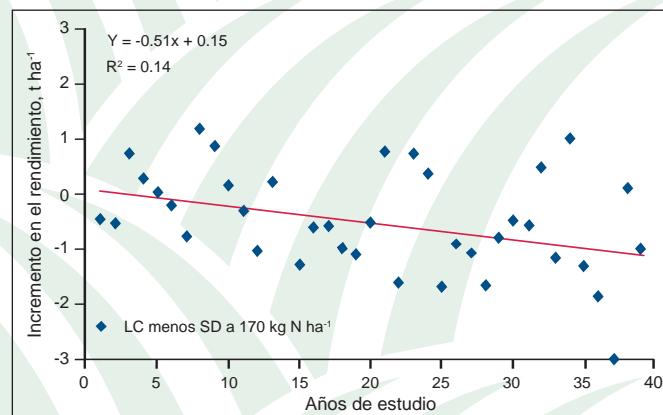
Este experimento de campo se inició en 1970 en la Estación Experimental de la Universidad de Kentucky cerca de la ciudad de Lexington. El sitio estuvo cubierto con pasto azul (*Poa pratensis*) los 50 años previos al inicio del experimento. El suelo bien drenado de textura franco arenosa está clasificado como mesic Typic Paleudalfs. El experimento se sembró continuamente con maíz (*Zea mays*) para producción de grano durante el verano y luego de cada cosecha se siembró un cultivo de cobertura. La labranza con el arado de vertedera, a una profundidad de 20 a 25 cm, se realizó de 1 a 2 semanas antes de la siembra del maíz. El cultivo sin labranza se sembró sobre los residuos anteriores de maíz y del cultivo de cobertura usando equipo diseñado para SD. Se utilizó nitrato de amonio como fuente de N. El fertilizante se aplicó al voleo a la superficie dentro de la primera semana después de sembrado el maíz. Luego de la cosecha del maíz se sembró el cultivo de cobertura también con equipo de SD.

El experimento fue localizado en el campo con cuatro repeticiones de dos tratamientos de labranza (SD y LC) y cuatro dosis de N (0, 85, 170 y 340 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). La labranza y las dosis de N se han mantenido en las mismas parcelas experimentales durante todo el tiempo de duración del estudio. Se tomaron muestras intactas del suelo con un barreno, hasta una profundidad de 100 cm, de las parcelas de 0, 170 y 340 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y las áreas no fertilizadas con pasto alrededor del experimento en cada una de las cuatro esquinas del área de estudio. Las muestras se dividieron en incrementos de 10 cm de las cuales se tomó una muestra para determinar la humedad gravimétrica y el subsecuente

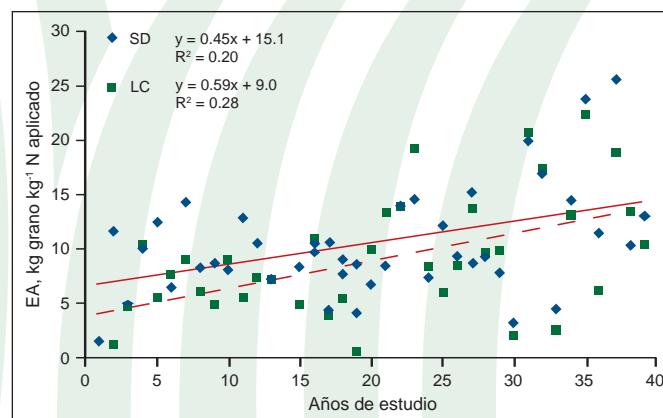
cálculo de densidad aparente. El resto del suelo se secó y molvió para determinar el contenido de COS por combustión seca.

## Resultados

Las diferencias en crecimiento de las plantas de maíz como respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado son a menudo dramáticas (Foto 1), así



**Figura 1.** Incremento en rendimiento a la labranza con arado de vertedera a 170 kg N ha<sup>-1</sup> durante el periodo de evaluación.



**Figura 2.** Eficiencia agronómica del maíz (kg de grano kg<sup>-1</sup> de N aplicado) para la primera dosis de 170 kg N ha<sup>-1</sup>, durante el periodo de evaluación.

como las diferencias en crecimiento en el cultivo de cobertura (**Foto 2**), aun cuando esta última diferencia se mide solamente en raras ocasiones. Cuando se promedian los 39 años de rendimiento de maíz se observa que existe muy poca diferencia en respuesta al N entre los dos sistemas de labranza, sin embargo, la dinámica de la respuesta ha cambiado a través de los años (**Tabla 1**). En los primeros 15 años, la SD respondió más al N, pero el tratamiento con LC respondió más al N en los últimos 15 años. En general, la dosis óptima de N está alrededor de 170 kg ha<sup>-1</sup> en ambos sistemas de labranza (**Tabla 1**). La respuesta anual en rendimiento a la LC, a la dosis de 170 kg N ha<sup>-1</sup>, fue positiva en 12 de los 39 años, pero ha declinado con el tiempo a una tasa de 30 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (**Figura 1**). La reducción de los rendimientos en la parcela sin fertilización (**Tabla 1**) hace que la eficiencia del N aplicado (kg de maíz kg<sup>-1</sup> de N) se incremente con el tiempo, en ambos sistemas de labranza (**Figura 2**). Inicialmente, la respuesta anual a la aplicación de fertilizante nitrogenado fue mayor en la SD, sin embargo, la respuesta en la LC se incrementó 25 % más rápidamente y se ha igualado con la SD.

Las **Figuras 3 y 4** demuestran como los tratamientos a largo plazo han causado diferencias en la distribución de C en el perfil del suelo. El impacto de la labranza en el contenido de COS, en relación al pasto circundante, se limita a los primeros 40 cm del perfil (**Figura 3**). La producción continua de maíz en SD hizo que la distribución del COS en el perfil sea similar a la del pasto circundante, mientras que la LC provocó una más uniforme distribución del COS en los primeros 30 cm del perfil. Las dosis de fertilizante nitrogenado promovieron la presencia de COS a profundidades de 50 y 60 cm, debido probablemente al mayor crecimiento radicular promovido por la fertilización nitrogenada (**Figura 4**). Los primeros 10 a 20 cm del perfil del suelo presentaron la mayor acumulación de COS en respuesta a las dosis de N. El pasto circundante no fertilizado presentó el mayor contenido de COS, principalmente debido a la gran cantidad de COS (36 t ha<sup>-1</sup>) encontrada en los primeros 10 cm del perfil.

### Interpretación y conclusiones

La **Figura 5** resume lo encontrado en el estudio. El contenido de COS bajó hasta 85 t ha<sup>-1</sup> en las parcelas donde se cultivó maíz sin aplicación de fertilizante nitrogenado, en cualquiera de los dos sistemas de labranza. El contenido de COS en el perfil llegó hasta 108 t ha<sup>-1</sup> en el pasto circundante no fertilizado, así como en las parcelas donde se cultivó maíz en SD con una dosis excesiva de N (340 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). La conversión de pasto nativo a maíz continuo, sin fertilización y con cultivo de cobertura, redujo el contenido de COS en el perfil en alrededor de 20 %. Las

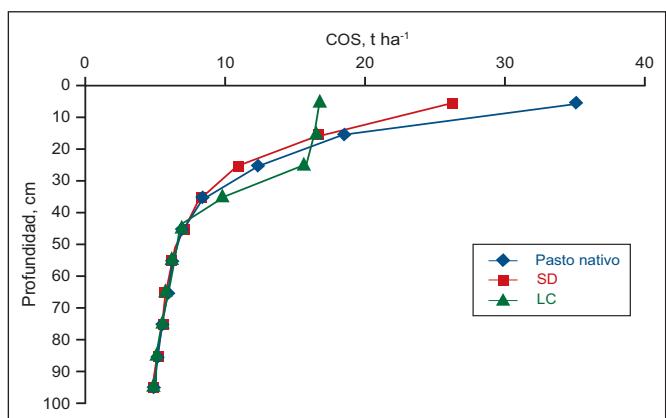


Figura 3. Impacto del sistema de cultivo, a través de las dosis de N, en la distribución de COS en el perfil.

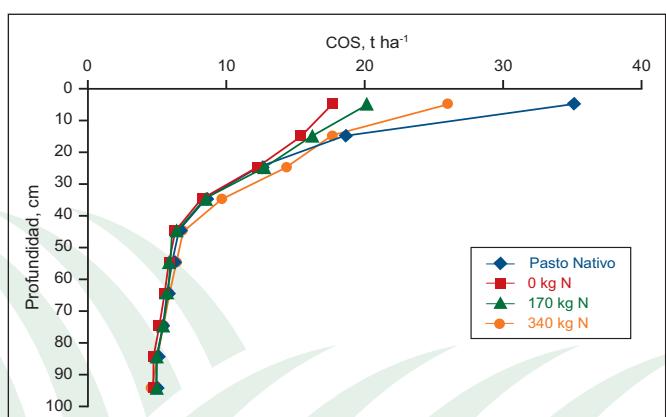


Figura 4. Impacto de las dosis de N, a través de los sistemas de cultivo, en la distribución de COS en el perfil.

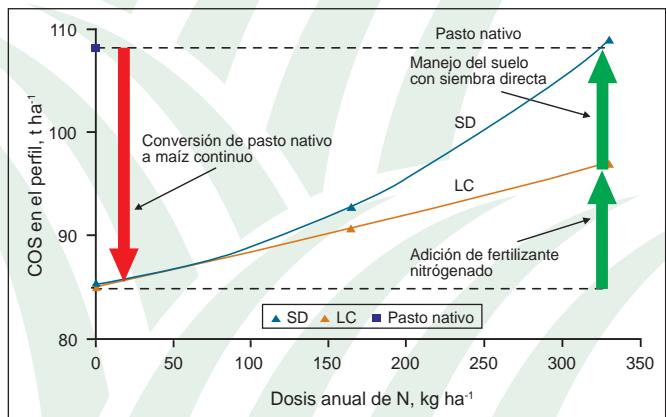


Figura 5. Impacto del fertilizante nitrogenado en el nivel total de COS en el perfil después de 39 años de cultivar continuamente maíz con un cultivo de cobertura en el invierno.

parcelas con dosis de 170 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> tuvieron alrededor de 15 % menos COS que el pasto nativo. La labranza con arado de vertedera (LC) impacta el contenido de COS resultando en 10 % menos COS en el perfil con la dosis de 340 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

La evidencia agronómica indica que el fertilizante nitrogenado es necesario para obtener rendimientos adecuados de maíz y que la necesidad de N

suplementario se ha vuelto mayor con el tiempo y con el tipo de labranza. La mayor necesidad de N se debe a la menor liberación de N de las reservas de la MOS que también se ha reducido tanto con el tiempo y con la labranza.

No se encontró evidencia que la utilización de fertilizantes nitrogenados cause pérdidas de MOS. Aparentemente, 170 kg N  $\text{ha}^{-1}$  año $^{-1}$  son suficientes para mantener los rendimientos de maíz cuando se usa SD y un cultivo de cobertura, pero parece que es necesario utilizar más fertilizante nitrogenado para mantener los rendimientos cuando se usa LC. Las pérdidas de MOS causadas por labranza son mayores que las ganancias de MOS obtenidas con la aplicación de dosis de 170 kg de N  $\text{ha}^{-1}$  año $^{-1}$ . Las pérdidas de COS estuvieron más asociadas con el cambio del agroecosistema que con la labranza. La ganancia-mantenimiento del COS estuvo más asociada con la fertilización nitrogenada, la cual promovería la acumulación de materia seca del cultivo de maíz y del cultivo de cobertura y con la SD que conserva el C secuestrado.

El buen manejo del suelo debe lograr, tanto como sea práctico, el mantenimiento-reemplazo de la MOS. La ciencia del manejo del suelo debe reconocer, antes que desestimar, el papel de las diferentes prácticas agronómicas que actúan en diferentes espacios de tiempo. Las prácticas de oxidación (drenaje, labranza y barbecho), las prácticas de reducción (fotosíntesis, inmovilización y denitrificación) y las prácticas de transferencia de masa (adiciones de compost, residuos de corral, etc. y la remoción del grano y los residuos) han contribuido a determinar el contenido actual de MOS.

En este suelo, la productividad del cultivo y el secuestro de C son servicios íntimamente ligados entregados por agroecosistema. Estos servicios se han mantenido por medio de la SD y aplicación de fertilizantes nitrogenados, que son prácticas de manejo adecuadas para este suelo.

### Bibliografía

- Khan, S.A., R.L. Mulvaney, T.R. Ellsworth, and C.W. Boast. 2007. The myth of N fertilization for carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality* 36:1821-1832. 



## REPORTE DE INVESTIGACION RECENTE

### **IMPACTO DE DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO EN LA CALIDAD DE FRUTO DEL LIMON TAHITI**

*Mattos, D., T.F. Milaneze, F.A. Azevedo y J.A. Quaggio. 2010. Soil nutrient availability and its impact on fruit quality of Tahiti acid lime. Revista Brasileira de Fruticultura 32(1):335-342.*

El limón ácido Tahití se cultiva principalmente en el Estado de São Paulo, Brasil. El valor de este cultivo lo coloca entre las diez frutas más importantes del país. Las exportaciones brasileñas de limón Tahití han incrementado en los últimos años con la correspondiente demanda por mejor calidad de la fruta fresca, condición que es afectada por la disponibilidad de nutrientes minerales. En este estudio se evaluó la disponibilidad de nutrientes del suelo y su influencia sobre el estado nutricional de los árboles basándose en la determinación de concentración de nutrientes en la hoja y en el fruto, en las características del fruto y en la calidad de post-cosecha. Se estudiaron 11 huertos comerciales de árboles de más de 4 años, manejados de forma diferente. Se muestrearon parcelas de 6 árboles en cada huerto. En cada parcela se tomaron muestras de suelo de 0-20 cm de profundidad y muestras de hojas y frutos. Las muestras fueron analizadas con 3 repeticiones. Los determinaron los coeficientes de correlación de pares de todas variables. Los resultados mostraron que la concentración de N foliar correlaciona positivamente con el verdeo de la cáscara del fruto, cuantificada por un índice de color ( $r = -0.71 **$ ) y que la concentración óptima de N foliar está alrededor de  $22 \text{ g kg}^{-1}$ . El Ca foliar se correlacionó en forma inversa con la pérdida de agua del fruto en un periodo de 14 días después de la cosecha ( $r = -0.54 *$ ), lo que demuestra que el Ca juega un papel importante en la vida útil del fruto de limón Tahití. Los datos también sugieren que el incremento en la concentración de K se relaciona con el aumento de pérdida de agua durante el almacenamiento de la fruta ( $r > 0.58 *$ ). 

### **REVALUACION DE LA INTERACCION ENCALADO-FERTILIZANTE DE PRADERAS EN SUELOS ACIDOS DE BAJA FERTILIDAD**

*Poozesh, V., P. Castillon, P. Cruz y G. Bertoni. 2010. Re-evaluation of the liming-fertilization interaction in grasslands on poor and acid soils. Grass and Forage Science 65(2):260-272.*

El efecto del encalado superficial en la producción de forraje en praderas permanentes es incierto. Se condujo un estudio para comprender mejor el efecto del encalado

sobre la pradera instalando un experimento de campo y un experimento en macetas con suelo del sitio del experimento de campo. En el experimento de campo se estudiaron los efectos del encalado y la fertilización NPK en la producción y composición de la vegetación de la pradera. En el experimento en macetas se analizaron los efectos de encalado y fertilización fosfatada para diferentes especies de pastos. El efecto de la fertilización NPK ( $3.96 \text{ t ha}^{-1}$ ) en la producción de la pradera original fue mayor que el de la cal ( $0.68 \text{ t ha}^{-1}$ ). El efecto del encalado solo se observó en las parcelas no fertilizadas ( $P < 0.05$ ). El encalado aumentó el número total de especies y la proporción de dicotiledóneas. Después de reemplazar la comunidad semi-natural con *Dactylis glomerata* L., los efectos de encalado ( $2.37 \text{ t ha}^{-1}$ ) y la fertilización ( $6.52 \text{ t ha}^{-1}$ ) se incrementaron. Estos resultados, junto con los del experimento con macetas, muestran el importante papel del P dentro del esquema de fertilización y demuestran el efecto protector del P contra la toxicidad del aluminio. 

### **CARBOHIDRATOS Y MATERIA SECA EN TUBERCULOS DE CULTIVARES DE PAPA SEGUN LA DOSIS DE NITROGENO**

*Braun, H., P.C.R. Fontes, F.L. Finger, C. Busato, and P.R. Cecon. Carbohydrates and dry matter in tubers of potato cultivars as affected by nitrogen doses. Ciencia E Agrotecnologia 34(2):285-293.*

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del N en el contenido de carbohidratos (azúcares solubles totales, azúcares reductores y almidón), acumulación de materia seca y contenido total de sólidos solubles en el tubérculo de cuatro cultivares de papa. Los tubérculos provinieron de cuatro experimentos de campo conducidos simultáneamente durante el ciclo otoño - invierno en la Universidad Federal de Viçosa. Estos experimentos se establecieron usando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron los efectos de cinco dosis de N (0, 50, 100, 200 y  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en las variedades Agata, Asterix, Atlantic y Monalisa. Se determinó la materia seca, azúcares solubles totales, azúcares reductores, almidón y sólidos solubles totales en tubérculos almacenados por 30 días a  $5^\circ\text{C}$ . Las dosis de N presentaron efectos cuadráticos en los sólidos solubles totales y no se observó efectos sobre materia seca y el contenido de almidón para todos los cultivares. Dependiendo de la variedad, la dosis de N tuvo efectos positivos o no afectó a los azúcares reductores y al contenido total de azúcares solubles en los tubérculos. 

## CURSOS Y SIMPOSIOS

### **1. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | AACS   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Rosario, Santa Fe, Argentina<br>Mayo 31-4 Junio, 2010  |
| <b>Información</b>   | : | AACS<br>Tel.: 54 11 4783 3021<br>Fax.: 54 11 4783 3024<br><a href="http://www.suelos.org.ar">www.suelos.org.ar</a> |

### **2. X Conferencia Internacional en Agricultura de Precisión**

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| <b>Organiza</b>      | : | Colorado State University,<br>IPNI y FAR  |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Denver, Colorado, EE.UU.<br>Julio 18-21, 2010   |
| <b>Información</b>   | : | Colorado State University<br><a href="mailto:CPA@colostate.edu">CPA@colostate.edu</a><br><a href="http://www.icpaonline.org">www.icpaonline.org</a> |

### **3. XIX Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| <b>Organiza</b>      | : | ASSSI - IUSS  |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Brisbane, Australia<br>Agosto 1-6, 2010   |
| <b>Información</b>   | : | ASSSI - IUSS<br>Tel.: 617 3368 2644<br><a href="mailto:soil@ccm.com.au">soil@ccm.com.au</a><br><a href="http://www.19wcss.org.au">www.19wcss.org.au</a> |

### **4. Taller Internacional Sobre Diseño e Implementación de Estrategias de Mercadeode Agro-insumos**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | IFDC   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Muscle Shoals, Alabama, USA<br>Octubre 4-15, 2010  |
| <b>Información</b>   | : | IFDC<br>Tel.: +1 256 381 6600<br>Fax.: +1 256 381 7408<br><a href="mailto:hrd@ifdc.org">hrd@ifdc.org</a><br><a href="http://www.ifdc.org">www.ifdc.org</a> |

### **5. XII Congreso Nacional y V Internacional de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | UNSA y SPCS  |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Arequipa – Perú<br>Octubre 11-15, 2010   |
| <b>Información</b>   | : | SPCS<br>Fax: 51 54 281 299<br><a href="mailto:suelosarequipa@unsa.edu.pe">suelosarequipa@unsa.edu.pe</a><br><a href="http://www.unsa.edu.pe/suelos">www.unsa.edu.pe/suelos</a> |

### **6. XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | SMCS   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Mexicali - Baja California Norte<br>Octubre 25-29, 2010  |
| <b>Información</b>   | : | SMCS<br>Lic. Jairo Ramirez Rodriguez<br><a href="mailto:webmaster@smcs.org.mx">webmaster@smcs.org.mx</a><br><a href="http://www.smcs.org.mx">www.smcs.org.mx</a> |

### **7. XV Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | SCCS   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Pereira, Risaralda, Colombia<br>Octubre 27-29, 2010  |
| <b>Información</b>   | : | SCCS<br>Tel.: 57 1 2113383<br>Fax.: 57 1 2113185<br><a href="mailto:oficinappal@sccsuelo.org">oficinappal@sccsuelo.org</a><br><a href="http://www.sccsuelo.org">www.sccsuelo.org</a> |

### **8. XIX Reunión Internacional ACORBAT - 2010**

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| <b>Organiza</b>      | : | ACORBAT   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Medellin - Colombia<br>Noviembre 8-12, 2010   |
| <b>Información</b>   | : | ACORBAT<br>Tel.: 574 448 2910<br>Fax.: 574 331 0494<br><a href="http://www.comunicacionesefectivas.com">www.comunicacionesefectivas.com</a> |

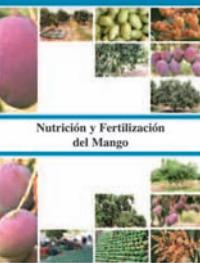
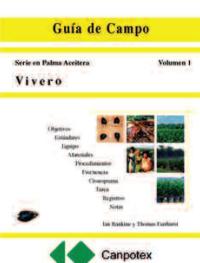
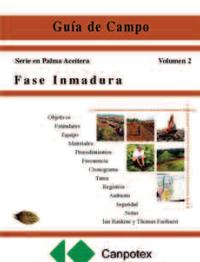
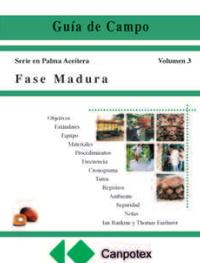
### **9. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | SECS   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Sto. Dgo. de los Tsáchilas - Ecuador<br>Noviembre 17-19, 2010  |
| <b>Información</b>   | : | SECS<br><a href="mailto:Imartinez@ute.ed.ec">Imartinez@ute.ed.ec</a><br><a href="mailto:calvache@uiio.satnet.net">calvache@uiio.satnet.net</a><br><a href="mailto:jespinosa@ipni.net">jespinosa@ipni.net</a><br><a href="http://www.secsuelo.org">www.secsuelo.org</a> |

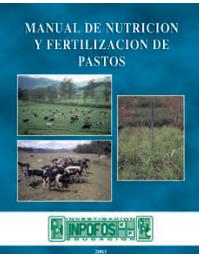
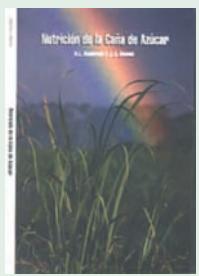
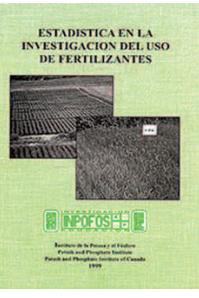
### **10. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo**

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| <b>Organiza</b>      | : | SLCS   |
| <b>Lugar y Fecha</b> | : | Mar del Plata, Argentina<br>Abril, 2012  |
| <b>Información</b>   | : | SLCS<br>Fax: 52 55 1113 2614<br><a href="mailto:slcsorg@slcs.org.mx">slcsorg@slcs.org.mx</a><br><a href="http://www.slcs.org.mx/congresos.htm">www.slcs.org.mx/congresos.htm</a> |

## PUBLICACIONES DISPONIBLES

|   |  |          |
|---|--|----------|
|    | <p>* <b>Uso Eficiente de Nutrientes.</b> Esta publicación resume el estado del conocimiento con respecto a la eficiencia de uso de nutrientes en las Américas y discute el contexto contemporáneo dentro del cual se deben manejar los nutrientes.</p>   | \$ 15.00 |
|    | <p>* <b>Nutrición y Fertilización del Mango.</b> Esta publicación ofrece información básica para el manejo de la nutrición y fertilización del mango tomando en cuenta las particulares características de desarrollo de este cultivo en el trópico.</p>   | \$ 15.00 |
|   | <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>Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 1: Vivero.</b> Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 1 cubre el manejo del vivero para producir plántulas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido.</p>                           | \$ 15.00 |
|  | <p>* <b>Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 2: Fase Inmadura.</b> Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo.</p>                           | \$ 15.00 |
|  | <p>* <b>Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 3: Fase Madura.</b> Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de racimos de fruta fresca a través de toda la etapa productiva del cultivo.</p> | \$ 15.00 |

## PUBLICACIONES DISPONIBLES

|   |   |          |
|---|---|----------|
|    | <p>* <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>                                      | \$ 10.00 |
|   | <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>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>  | \$ 6.00  |
|  | <p>* <b>Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.</b> En esta publicación se discuten una serie de aspectos para ayudar al investigador a tomar la decisión más adecuada en cuanto a fertilización, teniendo en cuenta todos los factores que pueden afectar el cultivo en condiciones locales.</p>  | \$ 5.00  |