

# Evaluación técnica y económica de alternativas de fertilización y enmiendas en tabaco Virginia (*Nicotiana tabacum*) en la región García Rovira, Santander (Colombia)

Technical and economical assessment of fertilization alternatives and corrective measures in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*) in the García Rovira region, Santander (Colombia)

Nilson Marín<sup>1</sup>, Guido Plaza<sup>2</sup> y Jesús Rojas<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los principales problemas observados en la fertilidad de los suelos de la región García Rovira son la degradación y el desbalance químico. Aquí se presentan pH y saturaciones de Ca elevadas (3,5-5,0 meq·100g<sup>-1</sup>) que limitan la disponibilidad de P, Mg y micronutrientes para el tabaco Virginia. El objetivo de este trabajo es orientar el manejo de fertilizantes y enmiendas que aumente la eficiencia, disponibilidad y toma de nutrientes. Se establecieron 6 tratamientos con la variedad K-346 correspondientes a fertilización convencional + kieserita (T<sub>1</sub>), fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico (T<sub>2</sub>), fertilización reacción ácida + kieserita (T<sub>3</sub>), fertilización abono orgánico-mineral + kieserita (T<sub>4</sub>), fertilización convencional + kieserita + cobertura (T<sub>5</sub>), fertilización convencional - testigo (T<sub>6</sub>). Se usó un diseño BCA con tres repeticiones. Se analizaron dos grupos de variables, edáficas 45 días después del trasplante y producción a la cosecha. El T<sub>2</sub> logró la mayor reducción del pH de 7,3 a 7,0 y el mayor incremento de P disponible; obtuvo la mayor producción, 18,47% más que el testigo, sin afectar la cantidad de hojas de primera calidad. El T<sub>3</sub> redujo el pH e incrementó el contenido de Mg en menor proporción que T<sub>2</sub>. Presentó la segunda mayor producción sin afectar la cantidad de hojas de primera calidad y mostró mayor rentabilidad económica, seguido por T<sub>2</sub>. En rendimiento los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> se comportaron mejor que el testigo, pero el cambio en el valor de la cosecha no justifica el incremento en el costo de la fertilización. El T<sub>4</sub> estuvo por debajo del testigo en rendimiento, precio promedio y valor total de cosecha.

**Palabras clave:** manejo fertilidad, pH, disponibilidad nutricional, absorción nutrientes en tabaco.

## ABSTRACT

The principle problems observed in soil fertility of the García Rovira region are degradation and chemical disbalance. In the soil of this region, both the pH and Ca (3,5-5,0 meq·100g<sup>-1</sup>) show high levels, which restrain P, Mg and micronutrient availability for Flue-cured tobacco. The objective of this work is to guide the fertilizer management and corrective measurements that enhance efficiency, nutrient availability and uptake. Six treatments were established, namely conventional fertilization + kieserite (T<sub>1</sub>), conventional fertilization + kieserite + phosphoric acid (T<sub>2</sub>), acid reaction fertilization + kieserite (T<sub>3</sub>), organic-mineral fertilization + kieserite (T<sub>4</sub>), conventional fertilization + kieserite + covering (T<sub>5</sub>), conventional-control fertilization (T<sub>6</sub>). The experimental design was randomized complete block with three replicates. Two groups of variables were analyzed: edaphic 45 days after transplanting and those of production at harvest. The T<sub>2</sub> achieved the highest pH reduction of 7,3 to 7,0, the largest increase in available P and received the highest yield level, 18.47% more than controls, without affecting the first-quality leaf quantity. The T<sub>3</sub> reduced pH and increased Mg content in a lower proportion than T<sub>2</sub>. It showed the second highest yield without affecting first-quality leaf quantity and showed more profitably followed by T<sub>2</sub>. The T<sub>1</sub> and T<sub>5</sub> treatments had a better yield than those of the controls. Nonetheless, the profit obtained in the harvest does not justify the fertilization cost increment. The T<sub>4</sub> had a lower production than that of the control in yield, average price and total harvest cost.

**Key words:** fertilization management, pH, nutritional availability, tobacco nutrients absorption.

## Introducción

La productividad del tabaco en García Rovira es baja, 1.800 kg·ha<sup>-1</sup>, comparada con el promedio nacional de 2.000 kg·ha<sup>-1</sup>, que a pesar de estar por encima de la productividad mundial de 1,6 t·ha<sup>-1</sup>, es inferior a la de Estados Unidos, 2.340 kg·ha<sup>-1</sup>, y a la de nuestros competidores cercanos. Los costos de producción colombianos representan

una tercera parte de los que se registran en Estados Unidos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005).

Los suelos de la región se encuentran dentro de la asociación Typic Ustropepts, Typic Ustorthents, Entic Haplus-toll, con participación de 45%, 30%, 25%, respectivamente. Presentan un perfil con horizonte A de color pardo oscuro que descansa sobre un horizonte C de lutitas calcáreas

Fecha de recepción: 10 de diciembre de 2007. Aceptado para publicación: 5 de noviembre de 2008

<sup>1</sup> Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. nymarinc@unal.edu.co

<sup>2</sup> Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. gaplazar@unal.edu.co

<sup>3</sup> Director, Investigación y Desarrollo Unidad Agroindustrial, Protabaco S.A., San Gil (Colombia). jerojas@protabaco.com.co

(IGAC, 2003), facilitando acumulaciones de minerales relativamente solubles como carbonatos de calcio, que afectan las propiedades del suelo y cultivos que crecen allí (Benbi y Nieder, 2003; Van Breemen y Buurman, 2003). El calcio es el elemento que domina la fase intercambiable y su nivel de saturación está por encima del deseado para el tabaco Virginia, 3,5-5,0 meq·100g<sup>-1</sup> (Ballari, 2005), valor que genera antagonismo con el magnesio. El elevado pH dificulta la absorción de elementos como el P (Ballari, 2005; Jaramillo, 2002), y micronutrientes como hierro, zinc, manganeso y cobre son problemas frecuentes (Brady, 1990; Cifuentes y Lindemann, 1993; Tan, 1993, citados por Sierra, 2006). El rango óptimo de pH del suelo para el tabaco Virginia oscila entre 5,5 y 6,5, valores en los cuales la mayoría de los elementos están disponibles sin limitaciones importantes (Fassbender, 1982; Campbell, 2000; Ballari, 2005).

La rentabilidad del sistema productivo tabacalero proviene de la producción (rendimiento y calidad) y del precio percibido por el productor con relación a la inversión (costos) (Chouteau y Fauconier, 1993). La calidad de la hoja (tamaño, sanidad, composición, etc.) es el principal determinante del precio (Chouteau y Fauconier, 1993) y por ello el plan de fertilización deberá ser balanceado (Lazcano-Ferrat, 2006) y de acuerdo con las características edáficas de la zona, lo cual permite encontrar la combinación de nutrientes que logre mejorar la proporción de hojas de primera calidad dentro de la cosecha (Chouteau y Fauconier, 1993; Smith y Wood, 2005).

El programa de fertilización, además de conocer el estado nutricional del suelo sobre el cual se instalará el cultivo de tabaco, requiere la siguiente información: a) absorción máxima nutricional que determina la mayor producción, b) tasa de absorción nutricional durante el ciclo de vida de la planta para determinar el periodo de máxima absorción y c) la distribución nutricional dentro de la planta (hojas, tallos y raíces) durante el desarrollo para determinar la cantidad de elementos que se han retirado (extracción) del campo por el cultivo (Moustakas y Ntzanis, 2005). El periodo más rápido de acumulación de materia seca y absorción de nutrientes en tabaco Virginia coincide con la etapa de floración (aproximadamente entre 41 y 75 días después del trasplante, ddt). Por lo tanto durante este periodo el suelo debe tener suficientes nutrientes disponibles para proveer las necesidades del cultivo (Moustakas y Ntzanis, 2005).

Una de las metas del agricultor tabacalero debe ser desarrollar un programa de fertilización que resuelva las

necesidades del cultivo, mientras que reduce al mínimo el costo y el impacto ambiental. Para alcanzar esta meta se necesita planeación de la fertilización a partir de la disponibilidad de elementos en el suelo (análisis de suelos), la selección de fuentes de fertilizantes basada en las necesidades de la planta, el valor del fertilizante y el uso adecuado del mismo. Fertilizaciones excesivas y desbalanceadas resultan costosas, desperdician recursos naturales y aumentan el potencial de contaminación (Smith y Wood, 2005).

El nitrógeno causa el mayor efecto en calidad y rendimiento, más que cualquier otro nutriente; su deficiencia reduce la producción y genera una hoja pálida luego de la curación. El exceso retarda la maduración, dificulta la curación y puede causar problemas sanitarios. El cultivo requiere entre 60 y 90 kg·ha<sup>-1</sup> de N (Smith y Wood, 2005) en condiciones óptimas de disponibilidad y absorción. El fósforo es requerido en baja cantidad por el tabaco Virginia, alrededor de 17 kg·ha<sup>-1</sup> en forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Smith y Wood, 2005), en los suelos en cuestión debido a la concentración de Ca en forma de fosfatos de calcio (PO<sub>4</sub>HCa) insoluble para la planta (Ballari, 2005). El potasio es el elemento que más requiere el tabaco Virginia (Moustakas y Ntzanis, 2005) y es fundamental en la calidad de hoja. El cultivo extrae más de 100 kg·ha<sup>-1</sup> (Smith y Wood, 2005) y es fácilmente lixiviado a través del perfil del suelo. La cantidad de magnesio que requiere el tabaco Virginia está entre 28 y 38 kg·ha<sup>-1</sup>, mientras los requerimientos de calcio oscilan entre 63 y 67 kg·ha<sup>-1</sup> (Smith y Wood, 2005). El azufre puede ser lixiviado y causar deficiencias similares a las de N; el tabaco Virginia requiere alrededor de 35 kg·ha<sup>-1</sup> de ese elemento (Smith y Wood, 2005). La cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas de tabaco Virginia en orden descendente corresponden a K>N>Ca>Mg>P (Moustakas y Ntzanis, 2005).

La zona productora de tabaco en Santander comprende 8.480 ha, 52,6% del área total sembrada en el país, y genera el 50% de la producción. La industria del tabaco alcanza el 78% del total nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005). El cultivo presenta limitantes de producción en diferentes aspectos y con relevancia la degradación y desbalance químico del suelo.

El objetivo del presente trabajo es la evaluación técnica y económica de alternativas para una fertilización de suelo de la región García Rovira, en procura del aumento de la disponibilidad y toma de nutrientes, a través de la disminución del pH y la corrección de las relaciones iónicas entre nutrientes.

## Materiales y métodos

### Zona de estudio

La investigación se desarrolló en el municipio de Enciso, Santander, latitud N 6°40', longitud 72°42', 1.580 msnm, precipitaciones promedio de 819 mm en los años 2005-2006 (Gobernación de Santander, 2007). En la tabla 1 se muestran las principales características químicas y físicas del suelo sobre el cual se instaló el ensayo.

Las plantas se obtuvieron a través de semillero tradicional y posterior trasplante a sitio definitivo a los 45 días con altura de 20 cm. El material sembrado corresponde a tabaco Virginia, variedad K-346, con resistencia a *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, *Meloidogyne incognita*, *Ralstonia solanacearum*, susceptibilidad a TMV (mosaico del tabaco) y PVY (virus Y de la patata). La densidad de siembra de plantas utilizada fue 20.000/ha, distribuidas en surcos de 1 m de ancho y 0,5 m entre plantas.

### Desarrollo del experimento

El trabajo se estableció con un diseño de bloques completos al azar (BCA) con seis tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos son:

- (T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita
- (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico
- (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita
- (T<sub>4</sub>) fertilización orgánico-mineral + kieserita
- (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura
- (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional recomendada por Protabaco para la zona).

La elección de los tratamientos se realizó de acuerdo con análisis de suelos de la zona de estudio, suelos alcalinos y relación Ca/Mg alterada por deficiencia de Mg, por lo tanto se utilizan diversas fuentes de reacción ácida y kie-

serita (fertilizante alto en Mg). Kieserita: MgOSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O (sulfato de magnesio), 25% de magnesio, 20% de azufre: fertilizante refinado, granulado y soluble, de origen natural, con altos contenidos de Mg y S, nutrientes esenciales en la nutrición vegetal, de disponibilidad inmediata (Guerrero, 2004).

La unidad de muestreo corresponde a 6,6% de las plantas (tres plantas por parcela), la unidad experimental a 45 plantas para un total de 270 plantas por bloque y tres repeticiones. El área total del experimento corresponde a 405 m<sup>2</sup>.

Los resultados se analizaron a través de análisis de varianza (Anova) utilizando SAS 9.1. Cuando los resultados permitieron apreciar diferencias significativas entre los tratamientos, se efectuó prueba de contrastes ortogonales para identificar las diferencias.

Los contrastes comparan las diferentes fuentes de fertilizantes y tipos de enmiendas utilizados en cada tratamiento. Lo que se busca con los contrastes ácido fosfórico vs. los demás y de la reacción ácida vs. los demás es establecer la disminución del pH a partir del ácido fosfórico y la fertilización de reacción ácida, respectivamente; con el contraste fuente orgánico-mineral vs. los demás es establecer el efecto de una fuente de fertilizante orgánico-mineral con fuentes de síntesis industrial y del contraste kieserita vs. los demás es evaluar el efecto de la adición de magnesio.

Las fuentes de fertilizantes y enmiendas comerciales manejadas se relacionan en la tabla 2 y el contenido nutricional para cada tratamiento se muestra en la tabla 3.

La cantidad elevada de kg·ha<sup>-1</sup> en T<sub>4</sub> se debe al contenido de materia orgánica de la fuente, que es superior al 40%; la presentación del ácido fosfórico usado en T<sub>2</sub> es líquida y la dosis empleada corresponde a 10 cm<sup>3</sup> por planta. En los tratamientos T<sub>1</sub> al T<sub>5</sub> se utilizó kieserita como fuente

**TABLA 1.** Características químicas-físicas y concentración de los elementos mayores y menores de los suelos de Enciso (Santander).

Variable	Textura	pH	Materia orgánica (%)	P (ppm)	K (meq·100 g <sup>-1</sup> )	Mg (meq·100 g <sup>-1</sup> )	Ca (meq·100 g <sup>-1</sup> )	S (ppm)	CICE	Ca/Mg	Saturación Ca (%)	Saturación Mg (%)
Valor	Franco-arenosa	7,30	5,46	69,78	0,52	1,42	9,60	14,13	11,78	6,76	81,51	12,06
Nivel crítico		Básico	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Normal	Buena	Mg deficiente	Alto	Bajo

CICE, capacidad de intercambio catiónico efectiva.  
Fuente: Laboratorios Agrosoil.

**TABLA 2.** Fuentes de fertilizantes utilizados en cada tratamiento en kg·ha<sup>-1</sup>.

F/T	A-14-2	K-MAG	N-Mag	SoluNK-P	Kies	Afosf*	MAP	SAM	SulfK	ASOL	Cob
T 1	700	100	100	150	300	-	-	-	-	-	-
T 2	700	100	100	150	300	200	-	-	-	-	-
T 3	-	100	100	100	300	-	150	300	250	-	-
T 4	-	-	-	-	300	-	-	-	-	3.200	-
T 5	700	100	100	150	300	-	-	-	-	-	20.000
T 6	700	100	100	150	-	-	-	-	-	-	-

\*Afosf L/ha.

Fertilizantes: abono 14-14-14-2, KMAG, NitroMag, SoluNKP, kieserita, ácido fosfórico, fosfato monoamónico, sulfato de amonio, sulfato de potasio, abono el sol (fuente orgánico-mineral), cobertura.

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

**TABLA 3.** Concentración usada de cada elemento en los diferentes tratamientos en kg·ha<sup>-1</sup>.

Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	CaO
T 1	138,50	102,50	193,50	114,50	82,00	11,00
T 2	138,50	182,50	193,50	114,50	82,00	11,00
T 3	112,00	78,00	199,00	100,50	199,00	11,00
T 4	169,60	115,20	205,70	124,80	64,60	140,00
T 5	138,50	102,50	193,50	114,50	82,00	11,00
T 6	138,50	102,50	184,50	39,50	22,00	11,00

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

de magnesio. En el T<sub>3</sub> el grado 14-14-14-2 se reemplazó por sulfato de amonio (SAM) fuente de N, fosfato monoamónico (MAP) fuente de P y sulfato de potasio que suministra K. El T<sub>6</sub> corresponde al testigo o fertilización convencional recomendada por Protabaco para la zona. El aporte nutricional en kg·ha<sup>-1</sup> de la fertilización se relaciona en la tabla 3.

La fertilización se fraccionó en dos aplicaciones, la primera se hizo 10 ddt y la segunda 25 ddt; se realizaron además tres aplicaciones foliares a los 5, 15 y 20 ddt para suplir necesidades de elementos menores. El manejo del cultivo se hizo siguiendo el esquema tradicional de agricultores de la zona.

**Variables:** se midieron dos grupos de variables: edáficas: pH, cantidad de elementos mayores en ppm (P), secundarios en meq·100 g<sup>-1</sup> (Mg, Ca) y relaciones entre nutrientes; las variables de producción fueron: rendimiento (kg·ha<sup>-1</sup>) y calidad (agrupadas en cuatro categorías). Las primeras se determinaron 20 días luego de la segunda fertilización (45 ddt), a través de análisis de suelos para cada repetición. Para las segundas, las muestras se obtuvieron de tres plantas por tratamiento, se realizó la curación en

finca y finalmente se clasificaron las muestras, se pesaron y se asignó la respectiva categoría (precio) para cada tratamiento. La asignación de una determinada categoría estuvo a cargo de personal de compra de la empresa Protabaco Capitanejo. El valor de la cosecha se obtuvo multiplicando el peso del tratamiento por el valor total del mismo (variable económica).

**Análisis económico:** se calculó el valor de la fertilización a partir de la cantidad de las fuentes presentes en los tratamientos (tabla 2) y el valor comercial de las mismas (tabla 4). Sobre este costo se determinaron los cambios en el valor de la fertilización y su efecto en el valor de la cosecha, para cada tratamiento con respecto del testigo comercial.

La fertilización con las distintas fuentes no generó diferenciación en la mano de obra utilizada, por lo cual este valor es el mismo para todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos se analizaron sobre las características del suelo (variables edáficas) y las respuestas de la planta (variables de producción). Se realizó una evaluación económica de las alternativas de fertilización y manejo de suelos, y se analizó de forma comparativa el contenido

nutricional del suelo en los momentos inicial y final del ciclo de cultivo.

**TABLA 4.** Valor comercial de fuentes utilizadas.

Fuente	Unidad	Valor
A-14-2	Bulto	\$ 53.928,00
K-MAG	Bulto	\$ 42.000,00
N-Mag	Bulto	\$ 43.070,00
SoluNK-P	Bulto	\$ 87.098,00
Kies	Bulto	\$ 31.850,00
Afosf	Litro	\$ 5.644,00
MAP	Bulto	\$ 60.760,00
SAM	Bulto	\$ 28.665,00
SulfK	Bulto	\$ 56.840,00
ASOL	Bulto	\$ 40.000,00
Cob	Bulto	\$ 500,00

Peso bulto: 50 kg.

## Resultados y discusión

### Edáficas

Los diferentes tipos y fuentes de fertilizantes y enmiendas usados en los tratamientos causan efectos sobre el pH del suelo, el contenido de P, Mg y la relación Ca/Mg del mismo (tabla 5); a partir de ello es posible observar tendencias que permiten mejorar el manejo del suelo y la fertilización para el tabaco en la zona.

**TABLA 5.** Valores promedio de pH, P, Mg y la relación Ca/Mg para los diferentes tratamientos.

Variable	pH	P (ppm)	Mg (meq·100g <sup>-1</sup> )	Ca/Mg
Pr>F	0,8830	0,6739	0,1816	0,1309
T1	7,14	87,78	2,36	4,58
T2	7,00	92,57	2,28	4,84
T3	7,18	90,56	2,12	5,38
T4	7,16	86,02	2,25	4,80
T5	7,25	91,80	2,03	5,09
T6	7,33	91,42	1,99	5,32

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

El ácido fosfórico (T<sub>2</sub>) genera la mayor reducción de pH 0,33 ubicándose en 7,00; sin embargo este valor es lejano del nivel adecuado para el tabaco Virginia. La fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>) coloca el pH en 7,18 en razón a que el efecto de una sola aplicación, en dosis relacionadas en la tabla 2, es relativamente débil; no obstante, el efecto

acumulativo de aplicaciones sucesivas durante años, puede acidificar el suelo (Guerrero, 2004) llevándolo a niveles adecuados para el tabaco Virginia.

El nivel más alto de fósforo está en el T<sub>2</sub> respondiendo a la acidificación del suelo que permite aumentar la disponibilidad del elemento (Lemus, 2005; Sierra, 2007). Por el contrario, el valor en el tratamiento T<sub>4</sub> está por debajo del testigo T<sub>6</sub>, lo cual se explica debido al bloqueo que genera la concentración de calcio del fertilizante (Ballari, 2005; Schroth y Sinclair, 2003).

El sulfato de magnesio (kieserita) aumentó el contenido de Mg en todos los tratamientos con respecto del testigo, alcanzando el mayor cambio con el T<sub>1</sub>, 0,37 meq por encima del testigo T<sub>6</sub>, diferencia que representa 89,91 kg·ha<sup>-1</sup> del elemento. Esta cantidad alcanza a suplir las necesidades nutricionales del tabaco Virginia (Smith y Wood, 2005) y genera un mejor balance químico en el suelo, que facilita la absorción de la planta.

A excepción del tratamiento T<sub>3</sub>, se logró reducir los valores de la relación Ca/Mg. El tratamiento T<sub>1</sub> alcanzó la mayor reducción, reflejando así lo observado en cuanto a la tendencia presentada por el magnesio en el suelo.

### Variables de producción

Estas variables corresponden a la respuesta del cultivo a los tratamientos en cantidad y calidad de la hoja. La hoja representa alrededor de 42% de la materia seca total acumulada por la planta y es superior a tallos (32%) y raíces (26%) (Moustakas y Ntzanis, 2005). La calidad y el valor de la hoja dependen, entre otras razones, de la ubicación en el tercio de la planta. Las diferentes calidades se resumen en las siguientes variables: primeras (B1L+M1L+S1L), segundas (B2L+M2L+S2L), terceras (B3L+M3L), otras (calidades restantes). En la tabla 6 se presenta la producción de cada tercio obtenido por tratamiento.

El rendimiento total se obtuvo de la sumatoria de las calidades primeras + segundas + terceras + otras). Como la relación calidad/precio es directa, se incluye el precio promedio y valor de cosecha para dichas variables (tablas 7, 9, 11) y su respectivo análisis estadístico (tablas 8, 10, 12).

El tratamiento con mayor producción corresponde a ácido fosfórico (T<sub>2</sub>), 18,47% más que el testigo; las cantidades de primeras y segundas calidades no son significativamente diferentes de los demás tratamientos (tabla 8), excepto la fertilización orgánico-mineral (T<sub>4</sub>) en la cual es menor. El testigo (T<sub>6</sub>) presenta el mayor porcentaje

**TABLA 6.** Producción de hoja (kg·ha<sup>-1</sup>) de acuerdo con la ubicación dentro de la planta y la calidad obtenida por tratamiento.

Grado	BIL	B2L	B3L	BM20	BM30	M1L	M2L	M3L	M2C	S1L	S2L	SCG	K4	K5
T1	617,7	401,1	130,0	-	72,9	865,4	346,6	152,0	-	177,9	258,6	-	38,5	-
T2	656,7	-	60,9	-	-	547,4	981,3	746,9	128,4	417,7	-	71,5	-	-
T3	669,4	580,3	139,1	-	70,4	902,3	377,7	286,1	-	194,6	-	350,6	-	-
T4	458,7	104,8	206,0	-	28,7	154,8	802,8	221,8	-	-	505,2	275,9	-	121,7
T5	255,1	200,8	168,1	18,3	90,6	707,9	637,4	132,3	-	704,2	142,0	46,3	-	-
T6	461,8	205,1	137,7	-	25,7	1.307,0	558,9	-	-	-	203,5	-	44,1	-

B = tercio inferior, M = tercio medio, S = T superior, K = calidades inferiores; los números indican la calidad; L = limón, O = oscuro, C = claro, G = gris.

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

**TABLA 7.** Producción total y porcentajes para cada una de las categorías de calidad.

Tratamiento	Primeras (%)	Segundas (%)	Terceras (%)	Otras (%)	Rendimiento total (kg·ha <sup>-1</sup> )
T1	54,94	32,30	9,02	3,75	3.060,67
T2	44,90	27,18	22,39	5,54	3.610,67
T3	49,38	26,62	12,25	11,74	3.570,67
T4	20,84	47,52	15,61	16,03	2.880,44
T5	52,90	32,46	9,89	4,75	3.103,11
T6	60,04	32,94	4,42	2,60	2.943,78

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

**TABLA 8.** Resultados análisis de varianza para variables de rendimiento.

Variable	Primeras	Segundas	Terceras	Otras	Rendimiento total
Valor F	2,39	0,31	1,3	0,58	6,03
Pr>F	0,1125	0,8947	0,3378	0,7148	0,0079**
T6 vs. T1, T2, T3, T4, T5	0,3608	0,7814	0,1736	0,4335	0,0589
T2 vs. T1, T3, T4, T5	0,5544	0,7673	0,0807	0,7281	0,010**
T3 vs. T1, T4, T5	0,2057	0,6164	0,6988	0,4891	0,0039**
T4 vs. T1, T5	0,014*	0,3155	0,5384	0,237	0,2315
T5 vs. T1	0,9246	0,9637	0,9164	0,9165	0,8209

\* Diferencia significativa ( $P < 0,05$ ); \*\* altamente significativa ( $P < 0,01$ ).

**TABLA 9.** Valor de venta promedio para cada calidad de hoja (\$/kg) en cada tratamiento.

Tratamiento	Primeras	Segundas	Terceras	Otras	Promedio general
T1	5.314,80	4.414,48	2.495,51	2.100,00	4.805,29
T2	5.243,23	4.650,00	4.067,38	3.279,47	4.718,16
T3	5.296,92	4.433,54	3.733,33	1.508,29	4.522,27
T4	5.172,06	4.542,02	3.708,22	593,43	4.167,90
T5	5.271,01	4.494,74	3.684,72	1.893,95	4.791,15
T6	5.361,44	4.518,55	2.366,67	1.036,81	4.946,51

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

**TABLA 10.** Resultados análisis de varianza para el precio promedio.

Variable	Primeras	Segundas	Terceras	Otras	Promedio general
Valor F	1,23	1,77	0,95	1,01	1,72
Pr>F	0,3648	0,2076	0,4886	0,4623	0,2179

**TABLA 11.** Resultados del análisis de varianza para las diferentes calidades y el valor total de producción.

Variable	Primeras	Segundas	Terceras	Otras	Valor total
Valor F	2,64	0,31	1,35	0,39	6,17
Pr>F	0,0895	0,8942	0,3185	0,8445	0,0073**
T6 vs. T1, T2, T3, T4, T5	0,3024	0,7861	0,1727	0,4121	0,6443
T2 vs. T1, T3, T4, T5	0,5647	0,8467	0,0714	0,8782	0,0075**
T3 vs. T1, T4, T5	0,1879	0,5894	0,6822	0,4821	0,0167*
T4 vs. T1, T5	0,0111*	0,3134	0,5596	0,4375	0,0073*
T5 vs. T1	0,9211	0,9252	0,928	0,9297	0,8982

\* Diferencia significativa ( $P < 0,05$ ); \*\* altamente significativa ( $P < 0,01$ ).

**TABLA 12.** Valor total de la producción (\$/ha) y porcentajes para las calidades en cada tratamiento.

Tratamiento	Primeras (%)	Segundas (%)	Terceras (%)	Otras (%)	Valor total
T1	60,38	29,93	7,20	2,49	14.717.617,78
T2	49,82	26,79	19,26	4,13	17.035.267,50
T3	57,68	26,09	10,65	5,58	16.154.008,89
T4	26,16	52,41	14,51	6,92	11.884.668,23
T5	58,40	30,89	7,87	2,84	14.848.568,89
T6	65,02	30,17	3,17	1,64	14.559.984,44

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

de hoja de primera calidad, 60,04%, y el segundo menor rendimiento total. La aplicación de ácido fosfórico (T<sub>2</sub>) no altera las cantidades de hoja correspondiente a primeras y segundas, que económicamente son las más importantes. La producción de hojas de primera calidad representa el 44,90%, mientras la de segunda el 27,18% del rendimiento total, es decir, más del 70% de la producción en el T<sub>2</sub> se ubica en las calidades de mayor valor. Este tratamiento aumenta la producción respecto de los demás, hecho observable en hojas de tercera calidad que representan el 22,39% del total. La producción de terceras es superior a los demás tratamientos (83,9% más que T<sub>6</sub>; 65,86% más que T<sub>1</sub>; 62,04% más que T<sub>5</sub> y 45,87% más que T<sub>3</sub>). El segundo mayor rendimiento fue la fertilización de reacción ácida T<sub>3</sub>, 17,56% más que T<sub>6</sub>; la producción de primeras (49,38%) y segundas (26,62%) calidades no es significativamente diferente (tabla 8) de los demás tratamientos, excepto el T<sub>4</sub> (20,84%). La fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>) no

presenta valores diferentes en las calidades de primera y segunda calidad y su rendimiento aumenta en razón del acrecentamiento en producción de otras calidades, 11,74% del total. La producción de otras calidades de T<sub>3</sub> es 81,72% más que el testigo, 72,66%, 64,86%, 52,32% más que T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>2</sub>, respectivamente. Los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> presentan un rendimiento de 3,82% y 5,13% más que el testigo, respectivamente; sin embargo este rendimiento no es significativamente mayor estadísticamente hablando. La fertilización orgánico-mineral (T<sub>4</sub>) presenta el menor rendimiento, 2,2% menos que T<sub>6</sub>, y la calidad más afectada por este rendimiento corresponde a primeras, 20,84% del total de la producción. La producción de hoja de primera calidad en T<sub>4</sub> es 66,03% menos que el testigo, 65,96%, 64,30%, 63,43%, 62,97% menor que T<sub>3</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>2</sub>, respectivamente. La hoja de tabaco obtenida con este tratamiento es de menor calidad, lo cual se refleja en la baja producción de primeras (20,84%) y en la ubicación de la

mayor parte de producción en grados inferiores (segundas 47,52%, terceras 15,61%, otras 16,03%).

La calidad de la hoja se define por las características de tamaño, color, cuerpo (textura), daño (Chouteau y Fauconier, 1993) y la combinación de estas la cual genera las diferentes clases. El número de clases presentes en una cosecha depende de la variabilidad de la producción que a su vez obedece a factores como suelo, clima, material genético, entre otros. Los resultados obtenidos en este trabajo permitieron agrupar las calidades en catorce: primeras (B1L, M1L, S1L), segundas (B2L, M2L, S2L), terceras (B3L, M3L) y otras calidades (BM2O, BM3O, M2C, SCG, K4, K5). El precio de venta se determinó según las características anteriores y el momento de comercialización; el precio fue dado por compradores de la empresa Protabaco y el precio promedio se obtuvo como producto del cociente entre el valor total de la cosecha y el rendimiento del cultivo (kg). Los agrupamientos se hicieron basándose en que los precios de las categorías primeras, segundas y terceras son similares. El precio promedio varía poco dentro de cada calidad y su variación depende de la presencia o ausencia de las clases dentro del agrupamiento (tabla 9).

El mayor precio promedio de primeras corresponde al T<sub>6</sub>, sin alcanzar a observar diferencias significativas al compararlo con los valores obtenidos en los otros tratamientos (tabla 10). El menor precio corresponde al T<sub>4</sub>, 3,53% menos que el testigo. Los demás tratamientos presentan precios similares al testigo. Las segundas calidades tienen una mayor variación; el mayor precio promedio pertenece a T<sub>2</sub>, 3% más que T<sub>6</sub>. Dentro de las terceras calidades es también T<sub>2</sub> el que exhibe el mejor precio promedio, 42% mayor que el T<sub>6</sub>, seguido por T<sub>3</sub> que vale 36% más que T<sub>6</sub>. Sobre el promedio general, T<sub>4</sub> tiene el menor precio promedio, 18,6% menos que T<sub>6</sub>. Los demás tratamientos muestran precios promedio inferiores al testigo, sin alcanzar diferencias significativas comparadas con este.

La fertilización orgánico-mineral (T<sub>4</sub>) presenta un valor diferente con respecto a primera calidad: 38,86% menos que T<sub>6</sub>. El mayor valor corresponde al testigo (T<sub>6</sub>); el tratamiento más cercano a este es la fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>) con \$149.200,0 (1%) menos de producción de hoja de primera calidad. Los restantes tratamientos presentan valores similares al testigo y no muestran cambios amplios que permitan establecer diferencias significativas (tabla 11).

Contrario a lo observado en primeras calidades, el T<sub>4</sub> exhibe el mayor valor porcentual, 22,24% más que T<sub>6</sub> en segundas;

los demás tratamientos tienen cuantías con poca variación. La adición de ácido fosfórico (T<sub>2</sub>) presenta el mayor valor porcentual en hoja de tercera calidad, 6 veces más que T<sub>6</sub>, seguido por T<sub>4</sub> (4,6) y T<sub>3</sub> que es 3,4 veces el valor del testigo. En cuanto a calidades restantes, el T<sub>3</sub> tiene el mayor valor (en \$): 3,8 veces más que T<sub>6</sub>; este último presenta el menor valor porcentual (1,64%) de otras.

### Análisis económico

El valor de la producción bruta se refiere al monto obtenido entre el rendimiento del cultivo y el precio promedio alcanzado de acuerdo con la calidad de hoja (tabla 12).

Los valores de primeras, segundas, terceras y otras expresan finalmente el valor total de la cosecha (tabla 11). La fertilización convencional acompañada de la aplicación de ácido fosfórico y sulfato de magnesio (T<sub>2</sub>) presenta el mayor valor de cosecha, 17% más que el testigo (T<sub>6</sub>), este mantiene un valor alto de producción de hoja de primera y segunda calidad, además aumenta apreciablemente el valor en terceras y otras calidades con respecto al T<sub>6</sub>. En segundo lugar está la fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>), 11% más valor de cosecha que el testigo, al igual que el T<sub>2</sub> sostiene un buen valor en hoja de primera y segunda calidad y aumenta con respecto de T<sub>6</sub> el valor de terceras y otras calidades. Los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> presentan valores muy similares: 1% y 2%, respectivamente, mayores que T<sub>6</sub>, manteniendo una buena proporción para todas las calidades. El tratamiento con menor valor de cosecha es la fertilización orgánico-mineral (T<sub>4</sub>), 18,3% menos comparado con el testigo (T<sub>6</sub>); la explicación de este bajo valor total se traduce en el poco valor de hojas de primera calidad (26,2% del valor total), el cual se encuentra muy por debajo de todos los tratamientos.

La fertilización representa alrededor del 15% de los costos de producción del tabaco para la región García Rovira (Protabaco, 2006); de ahí la importancia de disminuir o al menos mantener dicho costo mejorando su nivel de eficacia, lo cual es fundamental en la sostenibilidad del sistema productivo. El fin de las enmiendas es mejorar la eficiencia en la absorción del fertilizante por la planta, y la utilización debe ser económicamente rentable. En la tabla 13 se presentan los valores de los fertilizantes, de las enmiendas y el costo total de la fertilización para cada tratamiento.

La fertilización orgánico-mineral (T<sub>4</sub>) es la más costosa, 2,32 veces el valor de la fertilización convencional (T<sub>6</sub>). La de menor costo pertenece a la fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>), 1% menos que T<sub>6</sub>.



**TABLA 13.** Costo de fertilizantes, enmiendas y valor de la fertilización (\$/ha) para cada tratamiento.

Valor / tratamiento	V. fertilizantes	V. kieserita	V. ácido fosfórico	V. cobertura	V. total
T 1	1.186.426,00	191.100,00	-		1.377.526,00
T 2	1.186.426,00	191.100,00	1.128.800,00		2.506.326,00
T 3	982.806,00	191.100,00	-		1.173.906,00
T 4	2.560.000,00	191.100,00	-		2.751.100,00
T 5	1.186.426,00	191.100,00	-	200.000,00	1.577.526,00
T 6	1.186.426,00	-	-		1.186.426,00

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

**TABLA 14.** Cambio en el costo de la fertilización, valor de la cosecha y diferencia en los tratamientos con relación al testigo (\$/ha).

Tratamiento	$\Delta$ V. fertilización	$\Delta$ Ren.	$\Delta$ V. cosecha	Diferencia (\$)
T 1	191.100,00	116,89	157.633,33	-33.466,67
T 2	1.319.900,00	666,89	2.475.283,05	1.155.383,05
T 3	-12.520,00	626,89	1.594.024,44	1.606.544,44
T 4	1.564.674,00	-63,33	-2.675.316,21	-4.239.990,21
T 5	391.100,00	159,33	288.584,44	-102.515,56
T 6	-	-	-	-

(T<sub>1</sub>) fertilización convencional + kieserita; (T<sub>2</sub>) fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico; (T<sub>3</sub>) fertilización reacción ácida + kieserita; (T<sub>4</sub>) fertilización abono orgánico-mineral + kieserita; (T<sub>5</sub>) fertilización convencional + kieserita + cobertura; (T<sub>6</sub>) Testigo (fertilización convencional).

Los cambios en la fertilización generan cambios en la producción que finalmente se expresan como diferencias en el valor total de la cosecha (tabla 14). El cambio ( $\Delta$ ) en el valor de la fertilización resulta de la diferencia entre cada tratamiento y el costo total de la fertilización del testigo (T<sub>6</sub>); el signo menos (-) en el T<sub>3</sub> indica que tiene un menor valor (\$12.520,00 ha<sup>-1</sup>) que el testigo comercial (T<sub>6</sub>); para los demás tratamientos la diferencia es positiva debido a que la fertilización presenta un costo superior. El  $\Delta$  en rendimiento es la diferencia entre cada tratamiento y la producción del testigo; todos los tratamientos aumentaron el rendimiento con relación al testigo (T<sub>6</sub>), a excepción del abonamiento orgánico-mineral (T<sub>4</sub>) que estuvo 63,33 kg/ha por debajo. Los tratamientos fertilización convencional + ácido fosfórico (T<sub>2</sub>) y fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>) presentan los rendimientos más altos por encima del testigo, con 666,89 (18,47%) y 626,89 (17,56%) kg/ha, respectivamente.

De igual manera el  $\Delta$  en el valor de la cosecha se halla entre el valor de los tratamientos y el valor de la producción del testigo. El T<sub>4</sub> es inferior en \$2.675.316,21/ha (18,3%) que T<sub>6</sub>, mientras los demás tratamientos presentan valores superiores.

La diferencia es la utilidad generada, se expresa como el aumento en el valor de cosecha, luego de efectuar un cam-

bio en la fertilización. Es la resta entre el  $\Delta$  en el valor de la cosecha y el  $\Delta$  en el valor de la fertilización. El signo menos (-) indica que el incremento en el costo de la fertilización es mayor que el aumento generado por esta en el valor de la cosecha. Los tratamientos orgánico-mineral (T<sub>4</sub>), convencional + cobertura (T<sub>5</sub>) y convencional + kieserita (T<sub>1</sub>) tienen valores negativos \$4.239.990,21 (29%), \$102.515,56 (0,7%) y \$33.466,67/ha (0,2%), respectivamente; esto hace que el cambio realizado en la fertilización sea económicamente inviable con respecto a lo obtenido en el testigo comercial (T<sub>6</sub>).

Los tratamientos reacción ácida (T<sub>3</sub>) y convencional + ácido fosfórico (T<sub>2</sub>) presentan diferencias positivas amplias: \$1.606.544,44 (11%) y \$1.155.383,05/ha (8%), respectivamente, lo cual indica que los cambios generados en la fertilización en estos tratamientos se justifican en la medida que aumentan el valor de la cosecha (se presentan mejoras económicas con respecto al testigo comercial T<sub>6</sub>).

La fertilización convencional acompañada de la aplicación de ácido fosfórico y sulfato de magnesio (T<sub>2</sub>) logró la mayor reducción del pH del suelo, aumentó la disponibilidad de fósforo y elevó el nivel de magnesio con respecto del testigo (T<sub>6</sub>). Estas modificaciones, a pesar de no alcanzar el óptimo para el cultivo, aumentaron el rendimiento, precio

promedio y valor de cosecha de segundas, terceras y otras calidades y mantuvieron estables las mencionadas variables para hoja de primera calidad. La fertilización convencional + ácido fosfórico (T<sub>2</sub>) aumenta en 2,11 veces el valor de la fertilización del testigo. Este aumento genera una respuesta positiva en las variables edáficas y de producción mencionadas anteriormente, produciendo un aumento en el valor total de la cosecha de 17% con respecto del testigo (T<sub>6</sub>). Descontando el incremento creado por la fertilización se obtiene un 8% más de valor de cosecha con relación al testigo comercial.

En la fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub>), aunque menor que en el T<sub>2</sub>, el pH se redujo y el nivel de Mg aumentó con respecto del testigo T<sub>6</sub>; no se afectaron las variables rendimiento, precio promedio y valor de cosecha para la hoja de primera y segunda calidad. El rendimiento de terceras y aun más de otras calidades superó ampliamente al testigo T<sub>6</sub>, además de presentar también un mayor precio promedio. El tratamiento de reacción ácida (T<sub>3</sub>) redujo en 1% el valor de la fertilización convencional (T<sub>6</sub>), aumentó el valor de cosecha en 11% respecto a T<sub>6</sub>, mostrando un tipo de fertilización más eficiente y de menor costo.

Los tratamientos convencional + kieserita (T<sub>1</sub>) y convencional + cobertura (T<sub>5</sub>) presentan tendencias similares, logrando aumentar el contenido de magnesio en el suelo y disminuyendo la relación Ca/Mg con respecto del testigo T<sub>6</sub>, sin afectar el rendimiento, el precio promedio ni el valor de la cosecha de primeras y segundas calidades. En relación con las terceras y otras calidades el T<sub>5</sub> presentó un mayor rendimiento y precio promedio, lo que se refleja en un leve aumento en el valor total de la cosecha. Los tratamientos convencional + kieserita (T<sub>1</sub>) y convencional + cobertura (T<sub>5</sub>) ocuparon el cuarto y tercer lugar y estuvieron por encima del testigo comercial en valor de cosecha (1% y 2%, respectivamente). Sin embargo, el aumento en el costo de la fertilización es inferior al aumento en el valor total de cosecha, lo que hace que estos tratamientos estén 0,2% y 0,7% por debajo del testigo comercial.

El único tratamiento que presentó un valor de cosecha inferior al testigo fue el T<sub>4</sub>, 18,3% menos que el tratamiento testigo (T<sub>6</sub>). El T<sub>4</sub> afectó drásticamente el rendimiento total y de hoja de primera calidad, el precio promedio general, situación que hace que el valor total de la cosecha sea significativamente menor que el valor de los restantes tratamientos. Este tratamiento incrementó 2,32 veces el valor de la fertilización, esta fuente de fertilizante no es adecuada para la zona y generó una disminución en valor de cosecha de 29% con respecto del testigo.

## Conclusiones

La fertilización convencional acompañada de la aplicación de ácido fosfórico y sulfato de magnesio (kieserita) (T<sub>2</sub>) logró la mayor reducción del pH del suelo.

El mayor incremento en la disponibilidad de fósforo se alcanzó en el tratamiento que logró disminuir en mayor proporción el pH.

Los tratamientos que aumentaron en mayor proporción el Mg fueron fertilización convencional + kieserita (T<sub>1</sub>) y fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico (T<sub>2</sub>), respectivamente.

Las producciones más altas se alcanzaron en los tratamientos que incluyeron reacción ácida: T<sub>2</sub> (fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico) y T<sub>3</sub> (fertilización reacción ácida + kieserita), respectivamente.

La mayor rentabilidad se consiguió con los tratamientos que incluyeron fertilización de reacción ácida (T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub>).

La mejor calidad (precio promedio) se consiguió con el tratamiento de fertilización convencional + kieserita + ácido fosfórico (T<sub>2</sub>).

Se propone establecer un grado de fertilizante que se ajuste a las condiciones edáficas de la zona y los requerimientos nutricionales del cultivo de tabaco Virginia.

## Literatura citada

- Ballari, M. 2005. Tabaco Virginia: aspectos ecofisiológicos y de la nutrición en condiciones de Cultivo. Alejandro Graziani S.A. San Salvador de Jujuy, Argentina. 224 p.
- Benbi, D. y R. Nieder. 2003. Handbook of processes and modeling in the soil-plant system. The Haworth Press, Nueva York. 762 p.
- Campbell, C. 2000. Reference sufficiency ranges field crops: Tobacco, flue-cured. En: Campbell, C. (ed.). Reference sufficiency ranges for plant analysis in the Southern region of the United States. Agronomic Division of the North Carolina. Department of Agriculture and Consumer Services, Raleigh.
- Chouteau, J. y D. Fauconier. 1993. Fertilizando para alta calidad y rendimiento: tabaco. Instituto Internacional de la Potasa. Basilea, Suiza. 58 p.
- Fassbender, H. 1982. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 398 p.
- Finck, A. 2000. Fertilizers and their efficient use. Institut f. Pflanzenernaehrung u. Bodenkunde, Kiel University, Alemania. 26 p.

- Gobernación de Santander. 2007. En: <http://gobnaciondesantander.gov.co/asiessantander/tablas/tabla2.htm>; consulta: agosto de 2008.
- Guerrero, R. 2004. Propiedades generales de los fertilizantes sólidos. Manual técnico. 4ª edición. Monómeros Colombo-Venezolanos, Bogotá. 46 p.
- IGAC. 2003. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Santander. IGAC, Bogotá.
- Irantzu G. e I. Mariscal. 2003. Actuación de los fertilizantes sobre el pH del suelo. En: [http://www.consultoradelvalle.cl/biblioteca/Actuacion\\_de\\_los\\_fertilizantes\\_sobre\\_el\\_pH\\_del\\_suelo.pdf](http://www.consultoradelvalle.cl/biblioteca/Actuacion_de_los_fertilizantes_sobre_el_pH_del_suelo.pdf); consulta: agosto de 2008.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 619 p.
- Julca, A., L. Meneses y R. Blas. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Idesia* 24(1), 49-61.
- Lazcano-Ferrat, I. 2006. El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Extracto de la ponencia presentada en la conferencia regional para México y el Caribe de la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Inpofos-PPI, México. 5 p. En: <http://www.agriculture.com/contents/ppi/ppiindex.html>; consulta: diciembre de 2006.
- Lazcano-Ferrat, I. 2008. Los resultados de los análisis de suelos como un elemento para el manejo integral del suelo. Potash & Phosphate Institute, Norcross, Georgia. 8 p.
- Lemus, G., R. Ferreira, P. Gil, P. Maldonado, C. Toledo, C. Barrera C. y J.M. Celedón. 2005. El cultivo del palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, La Cruz, Chile. 81 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas. 2005. La cadena del tabaco en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2006. Observatorio agrocadenas: comportamiento del empleo generado por las cadenas agroproductivas en Colombia (1990-2006). Bogotá.
- Moustakasa, N. y H. Ntzanisb. 2005. Dry matter accumulation and nutrient uptake in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Field Crops Res.* 94(1), 1-13.
- Pizarro, J. 2005. Efecto de diferentes fertilizantes solubles utilizados en fertirrigación sobre la variación de pH y salinidad del agua de riego y del suelo. En: [http://www.inia.cl/intihuasi/index\\_archivos/resumenes/tesis2.pdf](http://www.inia.cl/intihuasi/index_archivos/resumenes/tesis2.pdf); consulta: febrero de 2007.
- Protabaco. 2006. Costos de producción del sistema productivo de tabaco, región García Rovira. Datos no publicados.
- Schroth, G. y F. Sinclair. 2003. Trees, crops and soil fertility concepts and research methods. CABI Publishing, Norwell, Massachusetts. 449 p.
- Sierra, C., A. Lancelloti e I. Vidal. 2007. Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la iii y iv región de Chile. *Agricultura Técnica* 67(2), 173-181.
- Smith, W.D. y S. Wood. 2005. Nutrient management. En: 2005 Flue-cured tobacco information, [http://ipm.ncsu/Production\\_guides/Flue-cured/2005/contents.html](http://ipm.ncsu/Production_guides/Flue-cured/2005/contents.html). pp. 65-91; consulta: noviembre de 2007.
- Van Breemen, N. y P. Buurman. 2002. Soil formation. Kluwer Academic Publishers. 2<sup>nd</sup> ed. Norwell, Massachusetts. 415 p.

