



Agrociencia  
Colegio de Postgraduados  
agrocien@colpos.colpos.mx  
ISSN (Versión impresa): 1405-3195  
MÉXICO

2000

Sergio Salgado García / Roberto Nuñez Escobar / Juan J. Peña Cabriales / Jorge D.  
Etchevers Barra / David J. Palma López / Marcos R. Soto Hernández

RESPUESTA DE LA SOCA DE CAÑA DE AZÚCAR A LA FERTILIZACIÓN NPK

*Agrociencia*, noviembre-diciembre, año/vol. 34, número 006

Colegio de Postgraduados

Texcoco, México

pp. 689-698

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

<http://redalyc.uaemex.mx>



# RESPUESTA DE LA SOCA DE CAÑA DE AZÚCAR A LA FERTILIZACIÓN NPK

## RESPONSE OF SUGAR CANE RATOON TO NPK FERTILIZATION

Sergio Salgado-García<sup>1</sup>, Roberto Núñez-Escobar<sup>2</sup>, Juan J. Peña-Cabriales<sup>3</sup>, Jorge D. Etchevers-Barra<sup>2</sup>,  
David J. Palma-López<sup>1</sup> y R. Marcos Soto-Hernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campus Tabasco. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. <sup>2</sup>Especialidad de Postgrado en Edafología. IRENAT (ronnes@colpos.colpos.mx) y en <sup>4</sup>Botánica. Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Estado de México. <sup>3</sup>Laboratorio de Ecología Microbiana. CINVESTAV-IPN. Irapuato, Guanajuato.

### RESUMEN

En cada cosecha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), se pierde una cantidad de nutrimentos que es preciso reponer para mantener la productividad y la fertilidad del suelo. El presente trabajo se efectuó en las plantaciones cañeras del Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, del 15 de mayo de 1997 al 8 de mayo de 1998. Su objetivo fue evaluar el efecto de las dosis de NPK sobre el rendimiento de campo y la calidad del jugo de la caña. Se establecieron dos experimentos de campo en dos suelos (Vertisol e Inceptisol) representativos de la zona. Los tratamientos fueron distribuidos en el campo con un arreglo de bloques al azar con cuatro repeticiones. La caña fue cosechada a los 10.5 y 11.5 meses de edad en el Vertisol e Inceptisol, respectivamente. Los rendimientos de caña fueron mayores (13.5 t ha<sup>-1</sup>) en el primer tipo de suelo. La dosis 160-80-80 fue suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de la caña de azúcar, ya que dosis mayores de N y K abatieron los rendimientos de caña, mientras que la dosis tradicional 120-60-60 resultó insuficiente. La calidad del jugo de caña medida por los grados Brix, pureza, sacarosa y azúcares reductores, no fue afectada por las dosis de fertilización estudiadas. Con la dosis 160-80-80 se obtuvo la máxima tasa de retorno al capital variable sin disminuir la calidad del jugo por lo que fue considerada como dosis óptima económica.

**Palabras clave:** *Saccharum officinarum*, calidad de jugo, Inceptisol, rendimiento, Vertisol.

### INTRODUCCIÓN

En cada cosecha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se pierden nutrimentos del sistema, los que deberían reponerse para mantener la fertilidad del suelo. Tales pérdidas ocurren principalmente por los tallos que se llevan al molino y por la quema de residuos en el campo. El rendimiento promedio en la zona de influencia del ingenio Pdte. Benito Juárez (PBJ) que abarca aproximadamente 14 mil ha es de 65 t ha<sup>-1</sup> con 8.5 % de sacarosa, valores que se consideran inferiores

### ABSTRACT

Nutrient loss is common during sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) harvest, so nutrient replacement is needed to maintain soil fertility and productivity. Two experiments were conducted at the Experimental Station of the Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco from 15 May 1997 to 8 May 1998 on Vertisol and Inceptisol soil types to study the effect of NPK fertilization rates on crop yield and juice quality of sugar cane. Treatments were distributed in the field under a randomized block design with four replications. Sugar cane was harvested 10.5 (Vertisol) and 11.5 (Inceptisol) months after plant emergence. Sugarcane yields were higher (13.5 t ha<sup>-1</sup>) in the Vertisol than in the Inceptisol. The fertilizer rate 180-60-60 was enough to satisfy nutritional requirements of sugar cane; higher N and K fertilization rates decreased yields while the 120-60-60 traditional rate was insufficient. Juice quality, measured in Brix degrees, purity, sucrose, and reducing sugars, was not affected by fertilizer treatments. The 160-80-80 fertilizer rate produced the highest crop yields and maximum rate of return for variable capital without reducing juice quality. It was concluded that 160-80-80 was the optimum economic fertilizer rate.

**Key words:** *Saccharum officinarum*, juice quality, Inceptisol, yield, Vertisol.

### INTRODUCTION

Each sugar cane (*Saccharum officinarum*) harvest results in soil nutrient losses. Nutrients should be replaced to maintain soil fertility. Losses occur largely because whole stems are taken to the mill and residues are burned on the field. The average yield of sugar cane in the area of influence of the sugar mill Presidente Benito Juárez (PBJ), which covers about 14 thousand ha, is 65 t ha<sup>-1</sup> with 8.5 % sucrose. These figures are lower, by 10 t ha<sup>-1</sup> and 0.5 % sucrose, than those obtained in other mills in the State of Tabasco. Part of this problem is PBJ's nutrient management plan; because fields have been fertilized with the formula 120-60-60 for more than 25 years without considering sugar cane cultivar or soil type.

Because of the growing need to use fertilizers efficiently, in terms of rising costs and environmental

Recibido: Septiembre, 1999. Aprobado: Agosto, 2000.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 34: 689-698. 2000.

en 10 t ha<sup>-1</sup> y en 0.5 % de sacarosa a los obtenidos en otros ingenios del Estado de Tabasco. Parte de este problema se debe a su plan de manejo nutricional, ya que se fertiliza con la dosis 120-60-60 desde hace más de 25 años, sin considerar la variedad ni el tipo de suelo.

En la última década, la manera tradicional de generar recomendaciones de fertilización, ha comenzado a ser revisada por los especialistas en fertilidad de suelos y por economistas, debido a la creciente necesidad de utilizar eficientemente los fertilizantes, al incremento de los precios de éstos, y al imperativo de conservar el ambiente (Willcox, 1991; Cabrera, 1994; Salgado *et al.*, 1995; Weir *et al.*, 1996; Palma *et al.*, 1998;). Por lo anterior, se planteó el presente trabajo con el objetivo de identificar las dosis de NPK que optimicen el rendimiento de campo y la calidad de la caña de azúcar en La Chontalpa, Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Del 15 de mayo de 1997 al 8 de mayo de 1998 se condujeron dos experimentos de campo en la zona cañera del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados. El primero se ubicó en un Vertisol en el Lote E-3 cultivado con soca de la variedad Méx. 69-290 y el segundo en un Inceptisol en el Lote D-2 cultivado con la resoca 3 de la variedad Méx. 68-P-23. En cada sitio se tomó una muestra compuesta de suelo, a las profundidades de 0 a 30 y 30 a 60 cm, para caracterizar su fertilidad (Salgado *et al.*, 1994). Las muestras se analizaron con los métodos rutinarios del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) del Campus Tabasco (Etchevers, 1988). De acuerdo con los estándares propuestos (Etchevers, 1988), el Vertisol tiene un pH neutro (Cuadro 1); no presenta problemas de salinidad; la relación C/N (7.1) es baja lo que indica posibilidad de mineralización y liberación de N disponible para la planta; los contenidos de fósforo extractable (P-Olsen) y potasio (K) intercambiable son bajos y los contenidos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) extractables son altos, con una relación (Ca/Mg) de 2.5, que difiere de la relación de 6, recomendada para suelos cañeros por González *et al.* (1974). La textura de los suelos en ambos estratos es arcilla, lo que indica una alta capacidad para retener la humedad. El Inceptisol es de menor fertilidad que el Vertisol, pero su textura franca permite un mejor drenaje interno, lo cual fue también reportado por Palma *et al.* (1998).

Para evaluar la respuesta a N se utilizaron las siguientes dosis: 0-0-0, 0-80-80, 120-80-80, 160-80-80, y 200-80-80, formuladas con sulfato de amonio (SA), superfosfato triple (SPT) y cloruro de potasio (KCl). Para el caso de la respuesta a P+K se evaluaron las dosis: 0-0-0, 120-60-60 y 120-80-80, que se prepararon con las cantidades correspondientes de las fuentes complejo 20-10-10 y la combinación de SA+SPT+KCl, respectivamente. Para medir el efecto de K en las plantas se usaron los tratamientos: 0-0-0, 160-80-80, 160-80-120 y 160-80-463; la segunda y tercera dosis se formuló con las fuentes SA, SPT y KCl, y para la última dosis se utilizó nitrato de potasio (NK) más SPT. El fertilizante fue aplicado en banda a un lado del surco en una zanja de 10 cm de profundidad y posteriormente se tapó (para simular la

conservation, traditional ways to generate fertilization recommendations have been reviewed by soil fertility and economist specialists in the last decade (Willcox 1991; Cabrera, 1994; Salgado *et al.*, 1995; Weir *et al.*, 1996; Palma *et al.*, 1998). The present study was done to identify the NPK fertilizer formula that would optimize field yield and quality of sugar cane in La Chontalpa, Tabasco.

## MATERIALS AND METHODS

From 15 May 1997 to 8 May 1998 two field experiments were conducted in the sugar cane area of the Tabasco Campus of the Colegio de Postgraduados. One experiment was carried out in a Vertisol soil in a lot (E-3) cultivated with sugar cane ratoon cv. Mex. 69-290; and the other in an Inceptisol soil in a lot (D-2) cultivated with sugar cane ratoon 3 cv. Mex. 68-P-23. In each site a composite soil sample was taken at depths of 0 to 30 cm and 30 to 60 cm to determine soil fertility (Salgado *et al.*, 1994). Samples were analyzed using routine methods from the Soil, Plant, and Water Analysis Laboratory (LASPA) of the Tabasco Campus (Etchevers, 1988). According to standards proposed by Etchevers (1988), the Vertisol has a neutral pH (Table 1), without salinity problems; the C/N ratio (7.1) is low, suggesting possible mineralization and release of N available for plants. Contents of extractable phosphorous (P-Olsen) and exchangeable potassium (K) are low; and contents of extractable calcium (Ca), and magnesium (Mg) are high, with a low (2.5) Ca/Mg ratio, when compared to a ratio of 6 recommended by González *et al.* (1974) for soils that produce sugar cane. Both soils are clay in both strata, indicating a high moisture

**Cuadro 1. Características químicas y físicas de los suelos cultivados con caña de azúcar; muestreo en dos profundidades.**

**Table 1. Chemical and physical characteristics of soils under sugar cane cultivation sampled at two depths.**

Características	Vertisol		Inceptisol	
	0 a 30 cm	30 a 60 cm	0 a 30 cm	30 a 60 cm
CE, dS m <sup>-1</sup>	0.5	0.4	0.3	0.2
pH	6.8	7.5	5.8	6.5
MO, %	1.47	0.54	0.84	0.13
Nt, %	0.12	0.08	0.10	0.07
P-Olsen, mg kg <sup>-1</sup>	8.33	0.49	0.33	0.45
K, Cmol (+) kg suelo <sup>-1</sup>	0.30	0.18	0.27	0.18
Ca, Cmol (+) kg suelo <sup>-1</sup>	17.86	19.96	8.28	8.98
Mg, Cmol (+) kg suelo <sup>-1</sup>	8.22	8.22	6.58	8.22
Na, Cmol (+) kg suelo <sup>-1</sup>	0.18	0.23	0.11	0.19
Arena, %	31.0	31.0	43.0	43.0
Limo, %	26.0	26.0	22.0	20.0
Arcilla, %	43.0	43.0	35.0	37.0
Textura	Arcilla	Arcilla	Migajón Arcilloso	Migajón Arcilloso

CE = Conductividad eléctrica; MO = Materia orgánica; Nt = Nitrógeno total.

aplicación mecanizada), al mes de edad del rebrote. Los tratamientos fueron distribuidos en el campo en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de seis surcos de 1.3 m de anchura por 10 m de longitud, y la parcela útil de cuatro surcos centrales por 8 m de longitud, en el centro de aquella.

A partir del 15 de mayo de 1997 se efectuaron las siguientes labores: destronque, requema, subsoleo, limpieza del área experimental, un paso de cultivadora de ganchos, resiembra, fertilización, control de malezas y ratas de campo, de acuerdo con las especificaciones para este cultivo (Salgado, 1995).

Los datos de precipitación, evaporación (mm), temperaturas máximas y mínimas (°C) medias mensuales que se presentaron durante el crecimiento del cultivo, se registraron en la Estación Climatológica del Campus Tabasco.

La cosecha fue manual cuando la caña tenía 10.5 y 11.5 meses de edad en los experimentos ubicados en los suelos Vertisol e Inceptisol, respectivamente. Un día antes de la cosecha, se efectuó la quema para facilitar el corte de caña. Las variables de estudio tomadas de la parcela útil fueron: Rendimiento de campo ( $t\ ha^{-1}$ ), para lo cual los tallos de la parcela útil se pesaron en una balanza de reloj de capacidad de 100 kg, posteriormente se transformaron a  $t\ ha^{-1}$ ; calidad de la caña de azúcar, basada en determinaciones de los grados Brix, pureza, sacarosa en caña y azúcares reductores, en una muestra de cinco cañas colectadas al azar, que fue analizada en el Laboratorio de Campo del Ingenio PBJ según las técnicas descritas por Golcher *et al.* (1984).

En todas las variables se aplicó un análisis de varianza en bloques completos al azar, la prueba de separación de medias de Tukey, y un análisis de regresión (SAS, 1993) para determinar el mejor modelo para explicar la respuesta observada en el rendimiento a las dosis de N (Martínez, 1988). Para el análisis económico se utilizó el método propuesto por el CIMMYT (1988). Para el cálculo de los costos variables de los tratamientos se consideraron los costos de flete, carga y descarga del fertilizante: \$40.00  $ha^{-1}$ ; fertilizantes (\$  $kg^{-1}$  de nutrimento):  $N_{SA} = 4.97$ ,  $N_{NK} = 8.0$ ,  $NPK_{20-10-10} = 4.05$ ,  $K_{NK} = 8.0$ ,  $P_{SPT} = 3.91$  y  $K_{KCl} = 2.18$ ; aplicación mecanizada: \$ 140.00; una tasa de interés promedio anual de 29.0 %, considerando 10 meses de interés; y un precio por tonelada de caña de \$232.90, correspondientes al año 1998.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa que de mayo a diciembre, periodo de crecimiento del cultivo, llovió 1899 mm, cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos hídricos de este cultivo; incluso en el suelo arcilloso se presentaron excesos de humedad, lo que hizo necesario el drenaje superficial; mientras que de enero a abril sólo 37 mm, lo cual resultó favorable para el cultivo, pues en este periodo ocurrió el proceso de maduración de la caña. Las temperaturas durante el periodo de crecimiento se mantuvieron por arriba de 20 °C, de modo que el cultivo no se retrasó en su crecimiento (Humbert, 1974). En general, la planta mostró un desarrollo normal.

retention capacity. The Inceptisol is less fertile than the Vertisol, but its loam texture provides better internal drainage. This was also reported by Palma *et al.* (1998).

To evaluate the response to N we used the following dosages: 0-0-0, 0-80-80, 120-80-80, 160-80-80, and 200-80-80; formulated with ammonium sulfate (AS), triple superphosphate (TSP), and potassium chloride (KCl). Dosages 0-0-0, 120-60-60, and 120-80-80 were used to evaluate response to P+K. Dosage 120-60-60 was prepared with corresponding quantities from the source complex 20-10-10; and dosage 120-80-80 from the combination of AS, TSP, and KCl fertilizers. To measure the effect of K on the crop we used the following treatments: 0-0-0, 160-80-80, 160-80-120, and 160-80-463. The second and third treatments were formulated using AS, TSP, and KCl; the last treatment included potassium nitrate (KN) plus TSP. Fertilizer was applied in a strip beside the furrow in a 10 cm-deep ditch, and was later covered, to simulate mechanical application, one month after sugar cane regrowth started. Treatments were randomized in a complete block design with four replications. The experimental plot size consisted of six furrows 1.3 m wide by 10 m long. Data were measured from the four 8 m-long furrows from the center of the plot.

As of 15 May 1997 soil and crop management included the following specific recommendations for sugar cane (Salgado, 1995): stubble clearing, burning, subsoil plowing, cleaning of the experimental area, cultivation (by passing a hook harrow once), replanting, fertilization, weeding, and controlling of field mice.

Data on precipitation, evaporation (mm), maximum and minimum temperatures (°C), and monthly averages present during crop growth were recorded at the Meteorological Station of the Tabasco Campus.

Sugar cane was hand-harvested when it reached 10.5 (Vertisol) and 11.5 (Inceptisol) months old. The field was burned one day before harvest to facilitate cutting. Study variables measured from the center of the experimental plot were yield ( $t\ ha^{-1}$ ) and sugar cane quality. For yield, stems from the center of the plot were weighed using a 100-kg capacity clock-face scale, and data were later transformed into  $t\ ha^{-1}$ . Sugar cane quality was based on determinations of Brix degrees, purity, sucrose, and reducing sugars from a sample of five canes collected at random. Samples were analyzed in the Field Laboratory of the PBJ sugar mill, following techniques described by Golcher *et al.* (1984).

All variables were analyzed using analysis of variance for a complete randomized block design; Tukey's test for mean comparison, and regression analysis (SAS, 1993) for determining the best model to explaining observed yield response to N treatments (Martínez, 1988). The method proposed by CIMMYT (1988) was used for economic analysis. To calculate variable costs of treatments, we considered the following: fertilizer transportation, loading, and unloading costs: \$40.00  $ha^{-1}$ ; fertilizer cost (\$  $kg^{-1}$  nutrient):  $N_{AS}=4.97$ ,  $N_{KN}=8.0$ ,  $NPK_{20-10-10}=4.05$ ,  $K_{KN}=8.0$ ,  $P_{TSP}=3.91$  and  $K_{KCl}=2.18$ ; mechanized fertilizer application: \$140.00; an average annual interest rate of 29.0 %, considering 10 months of interest; and a \$231.90 price per metric ton of sugar cane for 1998.

## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows that rainfall from May to December, sugar cane's growing season, was 1899 mm. This amount

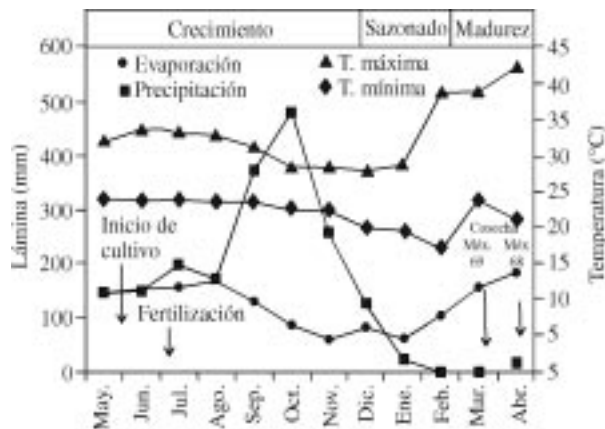


Figura 1. Precipitación, evaporación y temperaturas máximas y mínimas durante el periodo de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar. 1997-1998.

Figure 1. Precipitation, evaporation, and maximum and minimum temperatures during the growth period of sugar cane. 1997-1998.

## Rendimiento de caña de azúcar

### Respuesta a nitrógeno

Las dos variedades de caña mostraron un comportamiento similar en su respuesta a la fertilización nitrogenada, con incrementos de rendimiento en respuesta a dosis crecientes de N hasta 160 kg ha<sup>-1</sup>, ya que a dosis mayores se abatió el rendimiento (Cuadros 2 y 3). Resultados similares fueron observados por Rodríguez y Chacón (1993) en Costa Rica, y Quintero y Jaramillo (1995) en Colombia.

El mayor rendimiento correspondió a la variedad Méx. 69-290 en el Vertisol, con una media de 84.1 t ha<sup>-1</sup> de caña, que superó en 13.5 t ha<sup>-1</sup> al obtenido con la variedad Méx. 68-P-23 en el Inceptisol. Esta diferencia es atribuible a la mayor fertilidad del primer suelo, como también fue observado por Palma *et al.* (1998) al estimar el rendimiento de caña en ambos suelos; y porque estas variedades, sometidas al mismo manejo agronómico, presentan rendimientos similares (Lagunes *et al.*, 1995). Los mejores modelos de regresión obtenidos para predecir el rendimiento de caña en ambos tipos de suelo, resultaron de tipo cuadrático (Figura 2), con coeficientes de determinación de 0.74 y 0.78.

### Respuesta a la aplicación de P+K

Las dos variedades mostraron una ganancia significativa en su rendimiento con la aplicación del tratamiento 120-60-60 (Cuadros 4 y 5), con respecto al testigo 0-0-0. Al elevar la dosis a 120-80-80 no se logró un incremento significativo en relación con el tratamiento

was enough to satisfy sugar cane's water requirement. An excessive amount of water, even in clay soil, made superficial drainage necessary. Rainfall was only 37 mm from January to April; this favored crop development in terms of sugar cane maturity. Growing season temperatures remained above 25 °C, preventing delays in crop growth (Humbert, 1974). In general, plants showed normal development.

## Sugar cane yield

### Response to nitrogen

The two cultivars of sugar cane showed a similar response to nitrogen fertilization, with a yield increase response to increasing dosages of N up to 160 kg ha<sup>-1</sup>, since higher dosages decreased yields (Tables 2 and 3). Similar results were observed by Rodríguez and Chacón (1993) in Costa Rica and by Quintero and Jaramillo (1995) in Colombia.

The highest yield was produced by the cultivar Mex.69-290 in the Vertisol (84.1 t ha<sup>-1</sup> of sugar cane), 13.5 t ha<sup>-1</sup> higher than that obtained from the cultivar Mex.68-P-23 in an Inceptisol. This difference was attributed to the higher fertility of the Vertisol soil because similar results were also observed by Palma *et al.* (1998) when they estimated sugar cane yields in the same soil types; and because both cultivars, under the same agronomic management conditions, show similar yields (Lagunes *et al.*, 1995). The best regression models obtained to predict sugar cane yield in either type of soil were quadratic (Figure 2), with determination coefficients of 0.74 and 0.78.

### Response to application of P+K

The two cultivars showed significant yield gains under 120-60-60 (Tables 4 and 5) when compared to the control 0-0-0. When the dosage was raised to 120-80-80 there was no significant yield increase to that of 120-60-60, possibly because there was insufficient nitrogen in both cases (Tables 2 and 3).

According to Salgado *et al.* (1995) 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is the most recommended for maintaining fertility of Vertisols that are P-deficient. In addition, Ortega and Museinko (1980) in Cuba, Mesén (1992) in Costa Rica, and Anderson *et al.* (1995) in Florida, stated that, in order to favor sugar cane root growth and yield increase, the soil should contain 20 mg of P kg<sup>-1</sup> of soil (based on the method of Oniami in Cuba, Bray II in Costa Rica, and Bray I in Florida) in the upper 30 cm. Obrador *et al.* (1990) reported that soils in Tabasco have a high capacity of P fixation, and Cabrera (1994) recommended applying 100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> to this type of soils.

**Cuadro 2. Respuesta de la variedad Méx. 69-290 a las dosis de N, aplicadas al mes de edad en el Vertisol. Ciclo resoca.**  
**Table 2. Response of cultivar Mex. 69-290 to dosages of N applied at one month of age in a Vertisol. Ratoon cycle.**

Dosis <sup>†</sup> (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Grados Brix	Pureza	Sacarosa (%)	Azúcares reductores
0- 0- 0	61.5 d	18.4 a	81.6 a	11.19 a	0.600 a
0-80-80	67.3 cd	20.6 a	87.5 a	13.22 a	0.339 a
80-80-80	82.6 bc	20.5 a	87.6 a	13.08 a	0.479 a
120-80-80	90.7 b	19.4 a	89.9 a	12.74 a	0.632 a
160-80-80	110.7 a	21.5 a	89.2 a	14.20 a	0.420 a
200-80-80	91.7 b	21.1 a	89.1 a	13.77 a	0.427 a
Media	84.1	20.2	87.5	13.03	0.483
CV (%)	8.4	10.0	5.1	13.5	40.6
Prob. F.	0.01 **	0.32 ns	0.17 ns	0.28 ns	0.30 ns
DSH (p<0.05)	16.3	4.6	10.3	4.06	0.450

Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales (Tukey, 0.05).

<sup>†</sup> Formuladas a partir de SA+SPT+KCl.

**Cuadro 3. Respuesta de la variedad Méx. 68-P-23 a las dosis de N, aplicadas al mes de edad en el Inceptisol. Ciclo soca 3.**  
**Table 3. Response of cultivar Mex. 68-P-23 to dosages of N applied at one month of age in an Inceptisol. Ratoon cycle 3.**

Dosis <sup>†</sup> (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Grados Brix	Pureza	Sacarosa (%)	Azúcares reductores
0- 0- 0	47.6 d	22.2 a	87.8 a	14.21 a	0.716 a
0-80-80	56.2 cd	21.8 a	90.0 a	14.32 a	0.639 a
80-80-80	60.5 c	22.3 a	84.7 a	13.79 a	1.037 a
120-80-80	78.4 b	21.8 a	87.0 a	13.90 a	0.951 a
160-80-80	95.1 a	21.9 a	88.7 a	14.23 a	0.801 a
200-80-80	86.0 ab	21.1 a	88.5 a	13.69 a	0.799 a
Media	70.6	21.8	87.8	14.02	0.824
CV (%)	6.6	2.9	4.7	5.8	52.3
Prob. F.	0.01 **	0.23 ns	0.59 ns	0.83ns	0.79 ns
DSH(p<0.05)	10.7	1.4	9.6	1.89	0.99

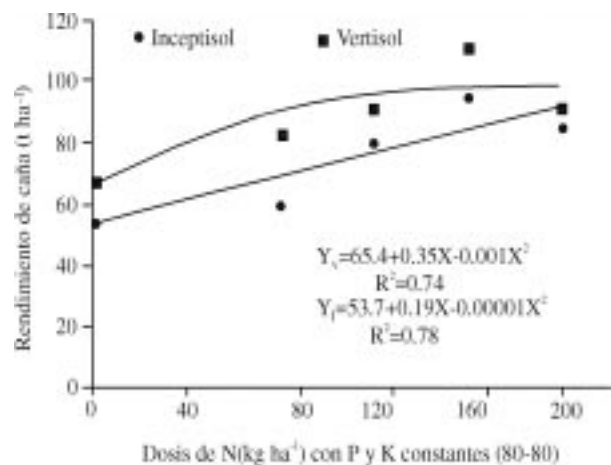
Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales (Tukey,0.05).

<sup>†</sup> Formuladas a partir de SA+SPT+KCl.

120-60-60, posiblemente debido a que el nitrógeno fue insuficiente en ambos casos (Cuadros 2 y 3).

Según Salgado *et al.* (1995), la dosis de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es la más recomendable para mantener la fertilidad de los vertisoles que son deficientes en este nutrimento. Por su parte, Ortega y Musienko (1980) en Cuba, Mesén (1992) en Costa Rica y Anderson *et al.* (1995) en Florida, consideran que para favorecer el crecimiento del sistema radical y el rendimiento del cultivo de caña, el suelo debe contener 20 mg de P kg<sup>-1</sup> de suelo (con base en el método de Oniami en Cuba, Bray II en Costa Rica, y Bray I en Florida), en los primeros 30 cm de profundidad. Obrador *et al.* (1990) reportaron que los suelos de Tabasco poseen alta capacidad de fijación de P y Cabrera (1994) recomienda aplicar una dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para este tipo de suelos.

Destaca el mayor rendimiento de caña alcanzado por la variedad Méx. 69-290 en el Vertisol, con una media de rendimiento de 79.7 t ha<sup>-1</sup>, en comparación con el rendimiento de la Méx. 68-P-23 con 65.8 t ha<sup>-1</sup> en el Inceptisol,



**Figura 2. Curvas de respuesta y modelos de regresión para predecir el rendimiento de caña, en función de las dosis de N, en dos tipos de suelo.**

**Figure 2. Response curves and regression models for predicting sugar cane yield as a function of N dosages in two types of soil.**

**Cuadro 4. Respuesta de la variedad Méx. 69-290 a las dosis de P+K, aplicadas al mes de edad en el Vertisol. Ciclo soca.**  
**Table 4. Response of cultivar Mex. 69-290 to dosages of P+K applied at one month of age in a Vertisol. Ratoon cycle.**

Manejo de fertilización		Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Grados Brix	Pureza	Sacarosa (%)	Azúcares reductores
Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Fuentes N-P-K					
0- 0- 0	-	61.5 b	18.4 a	81.6 a	11.19 a	0.600 a
120-60-60	20-10-10	86.9 a	20.8 a	88.8 a	13.51 a	0.446 a
120-80-80	SA SPT KCl	90.7 a	19.4 a	89.9 a	12.74 a	0.632 a
Media		79.7	19.5	86.8	12.48	0.559
CV (%)		9.4	11.6	6.2	16.0	30.2
Prob. F.		0.01 **	0.38 ns	0.13 ns	0.31 ns	0.32 ns
DSH (p<0.05)		16.4	4.9	11.7	4.33	0.367

Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales (Tukey, 0.05).

SA = Sulfato de amonio; SPT = Sulfato triple.

**Cuadro 5. Respuesta de la variedad Méx. 68-P-23 a las dosis de P+K, aplicación enterrada al mes de edad en el Inceptisol. Ciclo soca 3.**  
**Table 5. Response of cultivar Mex. 68-P-23 to dosages of P+K applied at one month of age in an Inceptisol. Ratoon cycle 3.**

Manejo de fertilización		Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Grados Brix	Pureza	Sacarosa (%)	Azúcares reductores
Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Fuentes N-P-K					
0- 0- 0	-	47.5 b	22.2 a	87.8 a	14.21 a	0.717 a
120-60-60	20-10-10	70.6 a	21.6 a	88.6 a	13.99 a	0.825 a
120-80-80	SA SPT KCl	78.4 a	21.8 a	87.0 a	13.90 a	0.820 a
Media		65.8	21.9	87.8	14.03	0.826
CV (%)		7.0	4.2	4.8	34.2	
Prob. F.		0.02 **	0.69 ns	0.81 ns	0.53 ns	
DSH (p<0.05)		10.0	2.0	1.49	0.613	

Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales (Tukey, 0.05).

SA = Sulfato de amonio; SPT = Sulfato triple.

atribuible a la mayor fertilidad de aquel suelo, como ya se indicó.

### Respuesta a potasio

Ambas variedades mostraron un comportamiento similar en su respuesta a la fertilización con K, ya que en ambas con la dosis de 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O se obtuvo el rendimiento máximo, y con dosis mayores el rendimiento disminuyó. Carrillo y Landeros (1990), Solórzano *et al.* (1993) y Willcox (1991) observaron una situación semejante. La mayor productividad fue alcanzada por la variedad Méx. 69-290 en el Vertisol con una media de rendimiento de 94.5 t ha<sup>-1</sup>, mientras que la Méx. 68-P-23 produjo 77.0 t ha<sup>-1</sup> en el Inceptisol (Cuadros 6 y 7).

El rendimiento de caña se abatió drásticamente al utilizar NK como fuente de N y K en los dos tipos de suelo, lo que sugiere la superioridad del SA como fuente de N en estos suelos. Lo anterior puede deberse a varias razones: a) la excesiva dosis de potasio aplicada con NK pudo

The highest yield was obtained by the cultivar Mex.69-290 in the Vertisol, and it was outstanding (79.7 t ha<sup>-1</sup>) when compared to that from Mex.68-P-23 (65.8 t ha<sup>-1</sup>) in the Inceptisol. This was attributed to the Vertisol's better fertility conditions.

### Response to potassium

Both cultivars showed a similar response to K fertilization. The highest yield was obtained when applying 80 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. Yields diminished at higher dosages. Carrillo and Landeros (1990), Solórzano *et al.* (1993), and Willcox (1991) observed similar results. The highest productivity was achieved by Mex.69-290 in the Vertisol (94.5 t ha<sup>-1</sup>), while Mex.69-P-23 produced 77.0 t ha<sup>-1</sup> in the Inceptisol (Tables 6 and 7).

Sugar cane yield fell drastically when potassium nitrate (KN) was used as a source of N and K in both soil types, suggesting that AS was a better source of N in these soils. This could be explained by several reasons: a) an

**Cuadro 6. Respuesta de la variedad Méx. 69-290 a las dosis de potasio, aplicadas al mes de edad en el Vertisol. Ciclo soca.**  
**Table 6. Response of cultivar Mex. 69-290 to dosages of potassium applied at one month of age in a Vertisol. Ratoon cycle.**

Manejo de fertilización		Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Grados Brix	Pureza	Sacarosa (%)	Azúcares reductores
Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Fuentes N-P-K					
0- 0- 0	-	61.5 b	18.4 a	81.6 a	11.19 a	0.600 a
160-80-80	SA SPT KCl	110.7 a	21.5 a	89.2 a	14.20 a	0.420 a
160-80-120	SA SPT KCl	107.8 a	20.3 a	89.1 a	13.32 a	0.388 a
160-80-463	NK SPT	98.0 a	20.2 a	88.4 a	13.08 a	0.546 a
Media		94.5	20.1	87.0	12.95	0.488
CV (%)		7.8	13.0	6.7	18.3	59.4
Prob. F.		0.01 **	0.45 ns	0.27 ns	0.38 ns	0.70 ns
DSH (p<0.05)		16.3	5.79	12.97	5.23	0.641

Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales (Tukey, 0.05).

SA = Sulfato de amonio; SPT = Sulfato triple.

**Cuadro 7 Respuesta de la variedad Méx. 68-P-23 a las dosis de potasio, aplicadas al mes de edad en el Inceptisol. Ciclo soca 3.**  
**Table 7. Response of cultivar Mex. 68-P-23 to dosages of potassium applied at one month of age in an Inceptisol. Ratoon cycle 3.**

Manejo de fertilización		Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Grados Brix	Pureza	Sacarosa (%)	Azúcares reductores
Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Fuentes N-P-K					
0- 0- 0	-	47.5 c	22.2 a	87.8 a	14.21 a	0.716 a
160-80-80	SA SPT KCl	95.1 a	21.9 a	88.7 a	14.23 a	0.801 a
160-80-120	SA SPT KCl	86.1 ab	22.2 a	87.5 a	14.21 a	0.654 a
160-80-463	NK SPT	79.3 b	22.3 a	89.7 a	14.61 a	0.625 a
Media		77.0	22.1	88.4	14.31	0.706
CV (%)		7.0	3.3	4.1	6.8	58.2
Prob. F.		0.01**	0.88 ns	0.83 ns	0.9162 ns	0.94 ns
DSH (p<0.05)		12.0	1.67	8.0	2.15	0.9086

Medias con la misma literal dentro de la misma columna son iguales (Tukey, 0.05).

SA = Sulfato de amonio; SPT = Sulfato triple.

haber interferido con la absorción de Ca y Mg; b) el amonio del SA estimula la absorción de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, mejorando la nutrición de la caña, mientras que con el nitrato ocurre lo contrario (Hageman, 1984); c) a la ausencia de azufre en la fuente NK; y, d) a la mayor movilidad del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que provee el NK, lo cual puede facilitar la pérdida de N por desnitrificación (Weir *et al.*, 1996).

### Calidad del jugo de caña

En este estudio se encontró que las variables grados Brix, pureza, sacarosa y azúcares reductores, no presentaron respuestas significativas al incremento de las dosis de N, P+K y K (Cuadros 3 al 7), contrariamente a los resultados obtenidos por otros autores (González *et al.*, 1974; Nickell y Tanimoto, 1968; Torres, 1977), quienes observaron que el contenido de sacarosa disminuye con la aplicación de dosis de N mayores de 250 kg ha<sup>-1</sup>. Para el caso de P, Anderson *et al.* (1995) reportaron que la

excessive amount of potassium applied from KN could have interfered with Ca and Mg absorption, b) ammonium from AS stimulated the absorption of H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, improving sugar cane nutrition, while the opposite was true for potassium nitrate (Hageman, 1984), c) absence of sulfur in KN, and d) greater mobility of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> provided by KN, which could have facilitated N loss by denitrification (Weir *et al.*, 1996).

### Juice quality

The variables Brix degrees, purity, sucrose, and reducing sugars did not show significant response to increases in N, P+K, and K (Tables 3 to 7). This was contrary to results obtained by other authors (González *et al.*, 1974; Nickell and Tanimoto, 1968; Torres, 1977), who observed that sucrose content decreased with the application of N dosages over 250 kg ha<sup>-1</sup>. For P, Anderson *et al.* (1995) reported that phosphorous fertilization had



fertilización fosfórica no tiene efecto sobre la calidad del jugo de caña, lo cual corrobora los resultados aquí obtenidos. En Jamaica, el JSIRI (1992) detectó un efecto positivo del K en el rendimiento de caña, pero no en la acumulación de sacarosa, cuando los niveles de K en el suelo se ubican en el intervalo 0.09 a 0.35 Cmol (+) kg suelo<sup>-1</sup>.

Los valores aquí obtenidos en la calidad del jugo (Cuadros 3 al 7), se ubican dentro de los estándares del ingenio-PBJ, para seleccionar un jugo de buena calidad: sacarosa, 12.5 %; grados Brix, 18 a 20; pureza, 79 a 89 %; fibra, 11 a 15 %; humedad, 73 a 75 %; y el menor porcentaje de azúcares reductores (Salgado, 1995). Lo anterior muestra que en las condiciones del presente estudio la dosis 160-80-80 permite elevar los rendimientos sin disminuir la calidad del jugo de caña.

### Optimización económica de la fertilización NPK

En los Cuadros 8 y 9 se presenta el análisis económico de los tratamientos de fertilización aplicados en cada suelo, de acuerdo con la metodología del CIMMYT (1988). Los datos muestran un incremento en el rendimiento de caña a medida que se incrementó la dosis de N, hasta un máximo de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N. La combinación de NK más SPT resultó ser la fuente más cara de fertilizante para el cultivo de la caña de azúcar.

Todos los tratamientos, con excepción del 0-80-80 y del 160-80-463, tuvieron una tasa de retorno al capital variable de 2.64 o mayor, lo que significa que por cada peso invertido en adquirir y aplicar fertilizante, el productor puede esperar recobrar su inversión y ganar \$ 2.64 adicionales o más.

En los dos suelos el tratamiento 160-80-80, aplicado con las fuentes SA, SPT y KCl, enterrado a los 3 meses después del rebrote, presentó el mayor valor de la cosecha y la mayor tasa de retorno al capital variable (TRCV), con valores que superan ampliamente al tratamiento tradicional 120-60-60, por lo que se le consideró el tratamiento óptimo económico.

### CONCLUSIONES

La variedad Méx. 69-290, cultivada en el Vertisol, presentó mayor rendimiento que la variedad Méx. 68-P-23 en el Inceptisol, atribuible principalmente a la mayor fertilidad del primer tipo de suelo. Los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de 160 kg de N, 80 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 K<sub>2</sub>O por hectárea, ya que a dosis mayores de nitrógeno o de potasio fue abatido el rendimiento de caña. El sulfato de amonio se consideró superior al nitrato de potasio como fuente de N, por su efecto sobre el rendimiento de caña, y por su menor precio. Los valores de grados Brix, pureza, sacarosa y azúcares reductores, indicadores de la calidad del jugo de caña no fueron

no effect on sugar cane juice quality; which coincided with our results. In Jamaica, JSIRI (1991) detected a positive effect of K on sugar cane yield, but not on sucrose accumulation, when soil K levels were between 0.09 and 0.35 Cmol (+) kg soil<sup>-1</sup>.

Results on juice quality obtained in this study (Tables 3 to 7) were within PBJ sugar mill standard values for good quality juice selection: 12.5 % sucrose, 18 to 20 % Brix degrees, 79 to 89 % purity, 11 to 15 % fiber, 73 to 75 % moisture, and the lowest reducing sugars percentage (Salgado, 1995). These results showed that, under the conditions of this study, the dosage of 160-80-80 allowed yields to increase without decreasing sugar cane juice quality.

### Economic optimization of NPK fertilization

Tables 8 and 9 show the economic analysis for fertilization treatments applied in each soil following the methodology of CIMMYT (1988). The data show increases in sugar cane yield when increasing N up to a maximum of 160 kg ha<sup>-1</sup>. The combination KN plus TSP was the most expensive source of fertilizer for sugar cane.

All treatments, with the exception of 0-80-80 and 160-80-463, had a rate of return to variable capital of 2.64 or more, which means that, for every peso invested in acquiring and applying fertilizer, the producer can expect to recover his investment and make a profit of \$2.64 or more.

Treatment 160-80-80 was considered economically optimum for both soils. When this treatment was applied, three months after regrowth started, using AS, TSP, and KCl fertilizer sources, it showed the highest harvest value and the highest rate of return to variable capital (RRVC), far surpassing the traditional treatment 120-60-60.

### CONCLUSIONS

The cultivar Mex.69-290, grown in a Vertisol soil, had higher yields than the cultivar Mex. 68-P-23 grown in the Inceptisol soil. This was attributed mostly to the better fertility of the Vertisol soil. The highest yields were obtained when applying 160 kg of N, 80 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and 80 kg K<sub>2</sub>O per hectare. There was no increase in sugar cane yield when increasing N and K fertilization rates. Because of its effect on sugar cane yield and its lower price, ammonium sulfate was considered superior to potassium nitrate as a source of N. Juice quality, determined by measuring Brix degrees, purity, sucrose, and reducing sugars, was not affected by fertilization dosages. Therefore, 160-80-80 was the best dosage since it increased yield without reducing juice quality, and because it resulted in the highest income and highest rate

**Cuadro 8. Análisis económico de la fertilización aplicada al mes de edad, en la variedad Méx. 69-290 cultivada en el Vertisol.**  
**Table 8. Economic analysis of fertilization applied at one month of age on cultivar Mex. 69-290 grown in a Vertisol.**

Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Fuentes			Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Costos variables (\$ ha <sup>-1</sup> )	Valor de cosecha - CV <sup>†</sup> (\$ ha <sup>-1</sup> )	TRCV <sup>‡</sup> (\$ ha <sup>-1</sup> )
	N	P	K				
0 0 0	-	-	-	61.5	-	14 323.3	-
0 80 80	-	SPT	KCl	67.8	831.9	14 842.2	0.62
80 80 80	SA	SPT	KCl	82.6	1 325.3	17 912.2	2.70
120 80 80	SA	SPT	KCl	90.7	1 572.0	19 552.0	3.30
160 80 80	SA	SPT	KCl	110.7	1 818.8	23 963.2	5.30
200 80 80	SA	SPT	KCl	91.7	2 065.5	19 291.4	2.40
160 80 463	NK	SPT	NK	98.0	6 742.4	16 081.8	0.26
120 60 60	C. 20	- 10	- 10	86.9	1 481.7	18 757.3	2.99
160 80 120	SA	SPT	KCl	107.8	2 206.5	22 900.1	3.88

<sup>†</sup> Costos variables. <sup>‡</sup> Tasa de retorno al capital variable.

SA = Sulfato de amonio; SPT = Sulfato triple.

**Cuadro 9. Análisis económico de la fertilización aplicada al mes de edad, en la variedad Méx. 68-P-23 cultivada en el Inceptisol.**  
**Table 9. Economic analysis of fertilization applied at one month of age on cultivar Mex. 68-P-23 grown in an Inceptisol.**

Dosis (kg ha <sup>-1</sup> ) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	Fuentes			Rendimiento de caña (t ha <sup>-1</sup> )	Costos variables (\$ ha <sup>-1</sup> )	Valor de cosecha - CV <sup>†</sup> (\$ ha <sup>-1</sup> )	TRCV <sup>‡</sup> (\$ ha <sup>-1</sup> )
	N	P	K				
0 0 0	-	-	-	47.5	-	11 062.7	-
0 80 80	-	SPT	KCl	56.2	831.9	12 257.0	1.43
80 80 80	SA	SPT	KCl	60.5	1 325.3	12 765.1	1.28
120 80 80	SA	SPT	KCl	78.4	1 572.0	16 687.9	3.57
160 80 80	SA	SPT	KCl	95.1	1 818.8	20 329.9	5.00
200 80 80	SA	SPT	KCl	86.0	2 065.5	18 244.6	3.34
160 80 463	NK	SPT	NK	79.3	6 742.4	19 513.8	0.09
120 60 60	C. 20	- 10	- 10	70.7	1 481.7	14 984.3	2.64
160 80 120	SA	SPT	KCl	86.1	2 206.5	17 846.1	3.07

<sup>†</sup> Costos variables. <sup>‡</sup> Tasa de retorno al capital variable.

SA = Sulfato de amonio; SPT = Sulfato triple.

afectadas por las dosis de fertilización estudiadas. Por tanto, la dosis 160-80-80 resultó la mejor por incrementar el rendimiento sin disminuir la calidad del jugo de caña, y por presentar los mayores ingresos y la mayor tasa de retorno al capital variable, en comparación con la dosis 120-60-60 usada tradicionalmente.

#### AGRADECIMIENTO

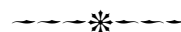
Al SIGOLFO, Fundación Produce Tabasco, A.C., GITCAÑA-Campus Tabasco por el apoyo económico y las facilidades para realizar el presente trabajo.

#### LITERATURA CITADA

- Anderson, D. L., G. H. Korndorfer y K. M. Portier. 1995. Meta-análisis de los efectos del fósforo en la fertilización de la caña de azúcar cultivada en Florida. ISSCT. Cartagena de Indias, Colombia. Vol 96:1161. Suplementos.
- Cabrera, A. 1994. Intensive sugarcane cropping: Productivity and environment. In: 15th World Congress of Soil Science. Volume

of return to variable capital when compared to the traditional dosage 120-60-60.

—End of the English version—



- 7a. Etchevers B., J. D., A. Aguilar S., R. Núñez E., G. Alcántar G. y P. Sánchez G. (eds.). Acapulco, Gro. México. pp: 342-351.
- Carrillo A., E. y S. C. Landeros. 1990. Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) a diferentes tratamientos de humedad y fertilización. In: Memorias III Reunión Científica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. p. 21.
- CIMMYT. 1988. La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. México, D.F. 79 p.
- Etchevers B., J. D. 1988. Análisis Químico de Suelos y Plantas. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 803 p.
- Golcher A., A., R. F. Hasbach y M. J. J. Infante. 1984. Manual para Analistas de Laboratorio Azucarero. AZUCAR, S.A. de C.V-GEPLACEA-PNUD. México, D.F. 180 p.

- González G., A., V. B. Ortiz y P. C. I. Pascual. 1974. Sazonado y Maduración de la Caña de Azúcar. CNIA. Serie Divulgación Técnica. IMPA. Libro No. 8. México, D.F. 165 p.
- Hageman, R. H. 1984. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. *In: Nitrogen in Crop Production*. Dinauer, C. R., S. Ernst, and D.R. Buxton (eds.). ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. pp: 67-85.
- Humbert, R. P. 1974. El Cultivo de la Caña de Azúcar. Ed. Continental. México, D.F. 719 p.
- JSIRI (Jamaica Sugar Industry Research Institute). 1992. Split versus single fertilizer application. *In: JSIRI. Annual Report*. pp: 5-6.
- Lagunes E., L. D. C., G. S. Salgado y D. M. L. Ortega. 1995. Comportamiento de variedades de caña de azúcar bajo condiciones de drenaje subterráneo. *In: Memorias IV Día del Cañero: Resultados de Investigación en Caña de Azúcar*. Carrillo E., A. A., B. A. Valdés y O. J. J. Obrador (eds.). H. Cárdenas, Tabasco. Campus Tabasco, CP-ISPROTAB. pp: 34-43.
- Martínez G., A. 1988. Diseños Experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Trillas. México, D. F. 756 p.
- Mesén Z., R. 1992. Efecto de siete dosis crecientes de fósforo sobre la producción agroindustrial de la caña de azúcar. Informe Anual de Labores 1991 del DIECA. San José, Costa Rica. pp: 125-126.
- Nickell, Z. G, and T. Tanimoto. 1968. Sugarcane ripening with chemicals. Rept. Hawaiian Sugar Tech. pp: 104-109.
- Obrador O., J. J., J. D. Etchevers B., D. J. Palma L. y J. Rodríguez S. 1990. Dinámica del fósforo en suelos del Estado de Tabasco. *In: Memorias XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Aguilar S., A., G. Alcántar G. y J. D. Etchevers B. (eds.). Comarca Lagunera, México. p: 281.
- Ortega, E., and E. Musienko. 1980. Physiologically active phosphoric compound distribution in sugarcane in relation to phosphoric nutrition. *ISSCT 17: 470-476*.
- Palma L., D. J., O. J. J. Obrador, B. A., Valdéz, C. J., Zavala, L. J. F. Juárez y E. A. Puebla. 1998. Dosis de Fertilización en Caña de Azúcar para el Sur del Area de Abastecimiento del Ingenio Pdte. Benito Juárez. GITCAÑA-Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco. 60 p.
- Quintero D., R. y L. A. Jaramillo. 1995. Pruebas de manejo de nitrógeno en caña de azúcar. CENICAÑA. Serie Técnica No. 12. Cali, Colombia. 12 p.
- Rodríguez R., M. y A. M. Chacón. 1993. Estudio de interacción de nutrimentos (NPK) en un suelo Vertisol de Liberia, Guanacaste, sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, promedio de cuatro cosechas. Participación del DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. pp: 144-145.
- Salgado G., S., N. A. Trujillo y R. R. Torres. 1994. Manual Para Muestreo de Suelos de Uso Agrícola y Ganadero en el Estado de Tabasco. Campus Tabasco-IREGEP-Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. 8 p.
- Salgado G., S. 1995. Cómo Incrementar los Rendimientos de Caña de Azúcar en el Estado de Tabasco. Campus Tabasco. CP-ISPROTAB. Folleto para Productores. H. Cárdenas, Tabasco. 20 p.
- Salgado G., S., R. Núñez E. y L. Bucio A. 1995. Fertilización NPK de la caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco. *In: Memorias VIII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria de Tabasco*. Villahermosa, Tabasco. pp: 20-23.
- SAS Institute. 1993. SAS User's Guide. Versión 6. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 996 p.
- Solórzano V., N., V. J. Molina y S. G. Guzmán. 1993. Efecto de cinco dosis crecientes de potasio sobre los rendimientos agroindustriales de dos variedades comerciales de caña de azúcar en la localidad de Esparza de Puntarenas. Promedio de dos cosechas. Participación del DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. p: 143.
- Torres B., M. 1977. Advances in sugarcane fertilization in México. *Proc. XVI Congress of ISSCT*. Sao Pablo, Brasil. Agronomy 2:1141-1153.
- Weir, K. C., C. W. Mc Ewan, I. Vallis, V. R. Catchoole, and R. J. Myers. 1996. Potential for biological denitrification of fertilizer nitrogen in sugarcane soils. *Aust. J. Agric. Res.* 47:67-79.
- Willcox, T. 1991. Fertilizer selection strategy may reduce production costs. BSES. Bulletin No. 35. Australia. pp: 7-8.