

EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO Y DOSIS DE MAGNESIO SOBRE EL SUELO Y EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Luis Zérega M.* Teófilo Hernández A.* y Jesús Valladares G.*

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de dos fuentes de nitrógeno (úrea y nitrato de amonio) y cinco dosis de sulfato doble de potasio y magnesio (más un testigo) sobre el suelo y el estado nutricional y la productividad de la caña de azúcar, se instaló un experimento sobre un suelo Fluvaquentic Ustropepts, textura francosa fina, mixta, isohipertérmico, con 12 tratamientos distribuidos en un diseño estadístico de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos en el ciclo plantilla indican que no se registraron diferencias entre tratamientos en el encepamiento y altura de planta medidos a los siete meses, ni tampoco en los niveles de productividad del cultivo registrados a la cosecha de la plantilla (a los 12 meses después de la siembra). Por otra parte, fue poco afectada la composición nutricional del cultivo así como el pH y las concentraciones de Ca, Mg y K en el suelo.

Palabras claves adicionales: Urea, *Saccharum officinarum*

ABSTRACT

Effect of nitrogen and magnesium on soil and crop in a sugar cane field

The objective of this work was to evaluate the effect of two nitrogen sources and five levels of potassium and magnesium sulfate (plus a control) on nutritional state and yield of sugarcane crop. The trial was conducted on a fine loamy, mixed, isohypertermic member of the Fluvaquentic Ustropepts, with 12 treatments distributed in split plot design, with 4 replications. The results in plant-cane crop indicated that there were no differences between treatments in the number of talks and height of plants measured at age of 7 months. Also there were no differences in yields between treatments, measured at harvest at the age of 12 months after sowing the crop. The treatments did not affect the nutritional composition of the crop, neither the pH nor the concentration of Ca, Mg and K in the soil.

Additional key words: Urea, *Saccharum officinarum*

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en Venezuela el abonamiento de los cultivos se ha realizado solamente con los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. Asimismo, muchos trabajos de investigación han sido dedicados únicamente a esos elementos. A partir de los análisis foliares realizados al cultivo de la caña de azúcar en algunas fincas y experimentos de la región Centro Occidental del país, determinando concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso (Zérega. Datos no publicados), se ha detectado que entre los nutrientes distintos a N, P, K, el magnesio es el más deficitario. Esto

se ha correspondido en cierta medida con los anunciados éxitos en el aumento de la productividad en caña de azúcar mencionados por algunos cañicultores y técnicos de la región, con el uso del sulfato doble de potasio y magnesio ("Sulpomag" S.P.M.), el cual contiene 18% de MgO, 22% de K₂O y 22% de azufre en forma de sulfato, el cual es la principal fuente soluble de magnesio que existe en el mercado nacional en la actualidad. Por otro lado, los laboratorios venezolanos de análisis rutinarios de suelo, generalmente analizan los contenidos de Mg y Ca disponibles en suelos alcalinos, con métodos contraindicados para estos casos (acetato de sodio pH 4,2 y acetato de amonio pH 7,0), con lo cual se sobrestiman las

* FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Estación Local Yaritagua. Apartado 09. Yaritagua, estado Yaracuy. Venezuela

concentraciones de esos elementos, a pesar que una superficie importante de los suelos cañameleros de la región Centro Occidental del país presentan pH mayor a 7,0. Además, en el país no se han realizado estudios sobre requerimientos de Mg en el cultivo de la caña de azúcar.

El Mg es un elemento esencial y es componente químico de la molécula de clorofila, por lo que es fundamental para la fotosíntesis, forma parte de varias proteínas de las plantas e interviene en el metabolismo de los carbohidratos. La deficiencia de Mg afecta el rendimiento de azúcar. Los síntomas de esta deficiencia se presentan en forma de lesiones necróticas de intenso color rojo en la hoja, dándole una apariencia rojiza. En avanzadas etapas de deficiencia de este elemento, las hojas jóvenes se tornan verde claro antes de aparecer pequeñas manchas necróticas, los tallos se hacen delgados y con entrenudos cortos. También puede ocurrir oscurecimiento interno del tallo (Anderson, 1992).

Las variedades de caña de azúcar más encepadoras requieren mayor cantidad de N, K y Mg (Geolingo et al., 1989).

El Mg es mucho menos abundante en los suelos que el Ca y, no es inusual observar deficiencias de Mg en caña. Las deficiencias de este último han sido comúnmente notadas en suelos arenosos y recientemente se ha observado como un problema nutricional en algunos suelos orgánicos de la Florida, USA (Anderson, 1989).

Según Sonneveld (1987), altos valores de conductividad eléctrica incrementan síntomas de deficiencias de Mg. La deficiencia de un catión crea posibilidades para la alta absorción de otro catión.

Las altas aplicaciones de K y Ca inducen deficiencias de Mg, porque se afecta su concentración proporcional, y altas dosis de N inducen absorción de Mg en caña de azúcar (Anderson, 1992).

La relación proporcional de las concentraciones de Ca, Mg y K en el suelo afectan la absorción de esos elementos por las plantas. Según Mesa y Naranjo (1984), la relación adecuada de Ca/Mg y Ca/K+Mg se ubica entre 2 y 6, y la de K/Mg entre 0,1 y 0,6. Cualquier alteración de esas proporciones puede

afectar la absorción de esos cationes por las plantas.

Fearon (1991) encontró en Jamaica que las aplicaciones continuadas de magnesio en el cultivo de la caña de azúcar elevaron considerablemente el pH del suelo, resultando en una mayor disponibilidad de este nutrimento; la relación Ca/Mg puede explicar deficiencias de Mg en suelos con altos contenidos de calcio.

Cuando las concentraciones de magnesio se encuentran por encima de las de calcio, se puede producir deterioro físico del suelo, similar al provocado por un alto nivel de sodio. Este problema va a depender del tipo y cantidad de arcilla, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, concentraciones de sesquióxidos de hierro y aluminio y porcentaje de sodio intercambiable (Keren, 1984).

En relación a la fertilización nitrogenada, no está bien definida cual es la fuerte de N más apropiada. De acuerdo a varios autores (Domínguez, 1989; Sulroca, 1995; Zérega, 1993), la respuesta y recuperación del N por los cultivos proveniente de las distintas fuentes que existen, es generalmente muy similar, salvo que las distintas formas de este nutrimento se utilicen en condiciones poco favorables, que propicien la pérdida de este elemento en el suelo.

Jokinen (1984) evaluó el efecto del nitrato de amonio y sulfato de magnesio sobre la concentración del Mg intercambiable en 8 suelos minerales, con valores de pH entre 4,6 y 6,1 y con diferentes clases texturales. Con el incremento de las dosis de N se produjo efectos variables en la concentración del Mg intercambiable y, al adicionar este elemento fue fijado especialmente en los suelos de textura arcillosa; mientras que en otro grupo de suelos, el Mg aplicado fue llevado a formas intercambiables independientemente de la dosis de N agregada.

En ese sentido, este trabajo tiene como objetivos: evaluar dos fuentes de nitrógeno (úrea y nitrato de amonio) y cinco dosis de magnesio, sobre la relación Ca-Mg-K, concentración de esos nutrimentos y pH del suelo y, el estado nutricional y la productividad del cultivo de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se instaló en un suelo Fluvaquentic Ustropepts, de textura francosa fina, mixta isohipertérmica (Mendoza et al., 1983) en la Hacienda San Nicolás, ubicada en la vía a Las Velas del municipio Peña del estado Yaracuy, Venezuela.

Antes de instalar el ensayo se tomaron muestras de suelos a dos profundidades, 0 a 20 cm y 20 a 40 cm, en toda el área experimental. A estas muestras se les determinó la textura por el método de Bouyoucos y las concentraciones de fósforo y potasio por el método de Olsen. También se les determinó la materia orgánica por el método de Walkley y Black, el pH en 1:2,5. Asimismo, se realizó un análisis de salinidad, consistente en la determinación de la

concentración de los iones calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), carbonatos, bicarbonatos (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl) y la CE en el extracto saturado del suelo, siguiendo la metodología indicada por Pla (1969). Los análisis fueron realizados en los laboratorios de suelos del FONAIAP-Estación Local Yaritagua y del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Barquisimeto, respectivamente.

En el Cuadro 1 se presentan algunas características físicas y químicas, incluyendo las ya mencionadas del suelo experimental, determinadas antes de iniciar el ensayo, donde destaca la baja fertilidad, el pH moderadamente alcalino y la relativamente alta CE en el extracto de saturación.

Cuadro 1. Algunas características físicas y químicas del suelo experimental.

Características	Profundidad en cm	
	0 - 20	20 - 40
Textura	FAL	FAL
% Arena	15,5	13,0
% Limo	54,9	54,9
% Arcilla	29,6	32,1
Materia orgánica (%)	2,80	2,20
Fósforo (ppm)	Trazas	Trazas
Potasio (ppm)	60	28
pH 1:2,5	8,0	8,0
CE ext. sat. (dS/m)	4,3	4,4
Ca ext. sat. (me/l)	30,17	29,53
Mg ext. sat. (me/l)	7,28	8,56
Na ext. sat. (me/l)	4,35	4,50
K ext. sat. (me/l)	0,12	0,10
CO_3^{2-} ext.sat. (me/l)	0,0	0,0
HCO_3^- ext.sat.(me/l)	1,50	1,28
Cl ext. sat.(me/l)	2,02	1,36
SO_4^{2-} ext. sat.(me/l)	34,99	40,59
NO_3^- ext. sat.(me/l)	1,59	----
RAS	1,0	1,0
Densidad Aparente (g/cm^3)	1,32	1,47
Tasa infiltración básica (mm/h)	4,02	----

CE: Conductividad eléctrica

RAS: Relación de adsorción de sodio

CIC: Capacidad de intercambio catiónico

** Determinado por acetato de sodio, pH 8,2

Se empleó un diseño estadístico de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. En las parcelas principales

se colocaron las fuentes de nitrógeno: úrea y nitrato de amonio. En las subparcelas se aplicaron las dosis de Mg en forma de

Sulpomag. Las dosis de magnesio fueron definidas en virtud de la elevada relación Ca/Mg detectada por el método de acetato de sodio, pH 8,2. Esta relación tuvo un valor de 14,3, mientras que los niveles considerados adecuados están en el rango de 2 a 6 (Rodríguez, 1977; Mesa y Naranjo, 1984). Los tratamientos quedaron arreglados de la siguiente manera:

- 1) Urea + 0 kg/ha de MgO
- 2) Urea + 18 kg/ha de MgO
- 3) Urea + 36 kg/ha de MgO
- 4) Urea + 72 kg/ha de MgO
- 5) Urea + 100 kg/ha de MgO
- 6) Urea + 150 kg/ha de MgO
- 7) NH_4NO_3 + 0 kg/ha de MgO
- 8) NH_4NO_3 + 18 kg/ha de MgO
- 9) NH_4NO_3 + 36 kg/ha de MgO
- 10) NH_4NO_3 + 72 kg/ha de MgO
- 11) NH_4NO_3 + 100 kg/ha de MgO
- 12) NH_4NO_3 + 150 kg/ha de MgO

Se aplicó una dosis fija de N de 180 kg/ha proveniente de la úrea o nitrato de amonio incluyendo el aporte del fosfato diamónico, 92 kg/ha de P_2O_5 en forma de fosfato diamónico y 180 kg/ha de K_2O , provenientes del Sulpomag y/o del cloruro de potasio. Las dosis de N, P y K se determinaron en base a los criterios sugeridos por Zérega (1994). Los fertilizantes se adicionaron en una sola vez al momento de la siembra, en el fondo del surco junto con la "semilla" o esqueje. Cada unidad experimental tuvo cinco hilos distanciados a 1,5 m entre ellos y de 10 m de largo, para una área de 75 m². El experimento tuvo 48 parcelas en total, con tres hilos de borduras en los extremos de cada repetición, con un hilo muerto entre las parcelas principales o entre las dos fuentes de N empleadas. El área total del ensayo fue de 4924,5 m² (100,5 m x 49 m) y fue sembrada la variedad de caña de azúcar "B7549" el 28-03-95, empleando cuatro yemas por metro lineal. Se regó con una frecuencia semanal los primeros 3 meses, luego cada 12 a 15 días. El riego se suspendió cuando las necesidades hídricas fueron suplidas por las lluvias (mayo-octubre) y 2 meses antes de la cosecha. A los 140 días después de la siembra se realizó un muestreo foliar, tomando 25 hojas TVD o con el primer labio visible, en cada unidad experimental. A estas se les determinó la

concentración de N, P, K, Ca, Mg, Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Hierro (Fe). El N fue determinado por digestión húmeda y el resto por digestión seca, siguiendo la metodología descrita por Malavolta et al. (1989). Los resultados del análisis foliar se interpretaron de acuerdo a la técnica de los niveles críticos y los rangos de suficiencia según Elwali y Gascho (1983) y Jones et al. (1965), y con el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones (DRIS) de Beaufils y Sumner (1977), el cual incluyó el índice de balance de nutrimentos (IBN). A los 211 días después de la siembra se midió el número de tallos por metro lineal, parámetro evaluado en dos sitios distintos en 3 metro cada vez en cada parcela y la altura de planta, determinada hasta la primera hoja con labio abierto, en 10 tallos por unidad experimental. Antes de la cosecha se tomaron 10 tallos por parcela, a los cuales se le determinó el contenido total de azúcar. Después de la zafra, efectuada en los tres hilos centrales de cada unidad experimental (45 m²), se pesaron todos los tallos con lo cual fueron calculadas las toneladas de caña por hectárea (TCH). Con estos dos últimos datos se determinaron las toneladas de pol por hectárea (TPH). Después de la cosecha se tomaron muestras de suelos, seis submuestras en cada unidad experimental para conformar una muestra compuesta. Estas muestras fueron tomadas a las mismas profundidades ya señaladas, se les determinó la concentración de Ca, K y Mg en el extracto saturado del suelo y, el pH en la relación suelo: agua 1:2,5.

A los valores del número de tallos por metro lineal, altura de plantas, el TCH, el pol % en caña y las TPH se les realizó análisis de varianza y la prueba de medias por el método de Tuckey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de los tratamientos sobre algunas propiedades químicas del suelo

Después de la cosecha, las concentraciones de Ca, Mg y K y los valores de pH registrados en el suelo reflejaron poca influencia de los tratamientos aplicados. Por otro lado, el K presentó niveles por debajo de los valores normales (Chapman y Pratt, 1961) y una

relación desfavorable con respecto al Ca y Mg (Mesa y Naranjo, 1984) en todos los tratamientos (Cuadro 2), a pesar de haberse aplicado 180 kg/ha de K₂O en el momento de la

siembra del experimento. Este déficit de K se corresponde con los valores de análisis foliares obtenidos para este nutrimento como se discutirá posteriormente.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre algunas propiedades químicas del suelo después de la cosecha.

Elemento	Tratamiento	Prof. (cm)	pH 1:2,5	Ca	Mg (me/L)	K	
N (fuentes)	Urea	0-20	8,12	24,89	8,34	0,12	
		20-40	8,11	24,62	7,69	0,10	
	NH ₄ NO ₃	0-20	8,15	26,05	7,32	0,15	
		20-40	8,11	25,83	7,28	0,07	
	0	0-20	8,17	25,13	7,19	0,17	
		20-40	8,10	25,34	7,31	0,08	
	18	0-20	8,11	25,80	8,58	0,10	
		20-40	8,10	26,81	6,68	0,11	
	MgO (kg/ha)	36	0-20	8,12	25,99	7,89	0,12
			20-40	8,09	24,59	8,63	0,10
72		0-20	8,12	25,18	7,34	0,11	
		20-40	8,09	24,84	7,30	0,09	
100		0-20	8,12	25,11	7,72	0,15	
		20-40	8,15	23,78	8,33	0,07	
150	0-20	8,17	25,60	8,28	0,13		
	20-40	8,12	25,98	6,67	0,09		
Valores adecuados			5,5-8,4 *	1-10 **	0,2-5 **	1-5 **	

* Chapman y Pratt (1961). ** Zérega (1993), para la mayoría de los cultivos

Los bajos niveles de K detectados en el suelo, luego de la cosecha, tal vez se deba a que el complejo de intercambio de este suelo está casi saturado con el Ca, lo que expone al primer ion mencionado a la lixiviación por el agua de riego y por las lluvias, pudiendo haber ocurrido también fijación de este elemento por la posible presencia de arcillas del grupo de las esmectitas por las arcillas 2:1, que deben predominar en este suelo, ya que el mismo se agrieta al secarse.

También el Mg pudo haber tenido igual destino, por las razones antes señaladas para el K (Cuadro 2); ya que a pesar de haber utilizado dosis variables, con niveles máximos bastante altos, al final del ensayo el suelo con el tratamiento testigo presentó valores similares a los del resto. Además, el magnesio pudo haber precipitado como carbonato, provocado por la baja solubilidad que presenta este compuesto en condiciones de suelo de pH alcalino (Keren, 1984; Pla, 1979) y, por la producción de bicarbonatos que debió haber ocurrido producto de las actividades microbianas y de las raíces de las plantas (Zerega, 1993).

Efectos de los tratamientos sobre algunos componentes del rendimiento de campo de la caña de azúcar

A los 7 meses después de la siembra, no se encontró ningún efecto de los tratamientos sobre el encepamiento y crecimiento del cultivo de la caña de azúcar (Cuadro 3).

Esta falta de respuesta del cultivo de la caña de azúcar a las diferentes fuentes de N y dosis de Mg indican que, de acuerdo a varios autores (Domínguez, 1989; Sulroca, 1995; Zérega, 1993), la recuperación del nitrógeno por los cultivos, proveniente de las distintas fuentes que existen, es generalmente muy similar, salvo que las distintas formas de este nutrimento se utilicen en condiciones poco favorables, que propicien la pérdida de este elemento del suelo. Por ejemplo, la adición de N amoniacal en suelos alcalinos, principalmente el proveniente de la úrea, bajo ciertas condiciones de suelo y de acuerdo al método de aplicación y manejo, se puede perder por volatilización. Las fuentes de nitrógeno nítrico, también se pueden perder por lavado en suelos muy permeables, sino se

manejan adecuadamente.

Con relación al Mg, la falta de respuesta del cultivo sugieren que el suelo habría presentado un contenido adecuado de Mg antes de iniciar el experimento, lo cual se confirma con los resultados de análisis foliar registrado (Cuadro 4). Esto no pudo ser debidamente verificado antes de iniciar el mismo, por la falta de antecedentes en este tipo de estudio

en el país, y por las diferencias que usualmente existen en la interpretación de los resultados de los análisis de Ca y Mg en el suelo. En ese sentido, los resultados de los análisis de magnesio y calcio en el suelo, realizados con el método del extracto de saturación (Cuadro 1) presentaron una buena correspondencia con los valores de planta (Cuadro 4).

Cuadro 3. Efectos de los tratamientos sobre algunos componentes del rendimiento de la caña a los 7 meses.

Elemento	Tratamientos	Número de tallos por metro lineal	Altura de planta (m)
N (fuentes)	Urea	16 ^a	2,41a
	NH ₄ NO ₃	17a	2,35a
MgO (kg/ha)	0	16a	2,46a
	18	17a	2,34a
	36	17a	2,37a
	72	17a	2,37a
	100	16a	2,40a
	150	17a	2,35a
C.V.	(%)	10,2	4,3

Medias de tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí con $p \leq 0,05$

La respuesta obtenida con el Mg también coincide con las experiencias de Fearon (1991) en Jamaica, quién señala que las investigaciones sobre la respuesta de la caña de azúcar a este último elemento nutritivo comenzaron en ese país al inicio de los años cincuenta y ésta ha sido negativa. Es decir, que los TCH y los rendimientos en azúcar no se incrementaron ante las aplicaciones de magnesio aún en suelos deficientes en este elemento. Por otro lado, aunque los suelos altamente calcáreos reportaron las más altas incidencias de deficiencias de Mg, las diferencias en productividad entre los campos considerados deficientes y aquellos estimados adecuados, fueron a menudo imperceptibles.

Efectos de los tratamientos sobre el estado nutricional del cultivo.

De todos los nutrimentos analizados en el tejido vegetal, solamente el P y el K resultaron deficitarios cuando esos resultados fueron interpretados a través de la técnica interpretativa de los niveles críticos y rangos normales y con el

DRIS. Con este último criterio interpretativo, también resultó deficitario el Mg (Cuadro 4). Esto no se corresponde con las observaciones de apariencia de las hojas de este cultivo que se hicieron en el campo, ni con los altos niveles de productividad que se presentan más adelante ni con las dosis muy altas de este elemento que fueron aplicadas en algunos tratamientos (hasta 150 Kg/ha de MgO).

Según el DRIS, los nutrimentos excesivos o positivos fueron el Zn (antagónico con el P), el Ca (antagónico con el Mg, K y P cuando se encuentra en altas concentraciones en el suelo como en este caso) y el Fe. Estos antagonismos pudieran explicar la diferencia citada, aunque también se aplicaron dosis relativamente altas de P y K en este experimento. Esas diferencias se reflejaron a través del IBN, el cual indicó la existencia de un gran desbalance nutricional en todos los tratamientos, ya que un IBN ideal es aquel cuyo valor se ubica alrededor de cero, y en este ensayo todos los tratamientos alcanzaron cifras de ese índice entre 99 y 110 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición nutricional foliar, niveles de suficiencias e índices DRIS por tratamiento.

Elemento	Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	
		Porcentaje						ppm		
N (fuentes)	Urea	2,29	0,18	0,93	0,41	0,16	4	32	89	
	NH ₄ NO ₃	2,30	0,18	0,89	0,42	0,16	4	33	84	
MgO (kg/ha)	0	2,30	0,18	0,93	0,40	0,16	4	34	92	
	18	2,23	0,18	0,89	0,41	0,16	4	31	82	
	36	2,27	0,19	0,96	0,43	0,16	5	34	96	
	72	2,35	0,18	0,89	0,43	0,15	4	30	83	
	100	2,34	0,18	0,91	0,40	0,17	5	34	86	
	150	2,30	0,17	0,91	0,44	0,17	5	33	82	
Rangos normales *		2-2,6	0,22 – 0,3	1-1,6	0,2 – 0,45	0,15-0,32	4-8	16-32	50-105	
		Índice DRIS								IBN
N (fuentes)	Urea	6	-13	-18	13	-16	-7	19	10	102
	NH ₄ NO ₃	6	-14	-20	15	-17	-5	25	8	110
MgO (kg/ha)	0	6	-13	-18	13	-15	-8	23	12	108
	18	6	-10	-18	15	-16	-6	20	8	99
	36	4	-15	-20	13	-22	-5	19	11	109
	72	8	-12	-19	18	-19	-9	18	5	108
	100	5	-14	-21	11	-15	-5	22	8	101
	150	5	-19	-21	17	-14	-4	22	6	108

* Elwali y Gascho (1983). IBN = Índice de balance nutricional

Efectos de los tratamientos sobre la productividad

No se registraron diferencias estadísticas al nivel del 5%, entre tratamientos en toneladas de caña por hectárea (TCH); pol % en caña; ni en toneladas de pol por hectárea (TPH). Esta falta de respuesta del cultivo de la caña de azúcar a las aplicaciones de diferentes dosis de Mg y a dos fuentes de nitrógeno, tendría el mismo origen que lo discutido para el caso de los componentes del rendimiento de campo: encepamiento y crecimiento.

Zérega (1993) evaluó en plantilla y en tres cortes más realizados en el mismo ensayo el efecto de diferentes fuentes de N (úrea y sulfato

de amonio), P (superfosfato triple y fosfato diamónico) y K (cloruro y sulfato de potasio), ensayo donde también fueron incluidas una fórmula comercial (12-24-12 CP) y una mezcla física (15-15-23 SP). En ese experimento, ubicado en el mismo suelo donde se condujo este ensayo, no se registraron diferencias estadísticas en productividad del cultivo de la caña de azúcar.

También el índice de balance de nutrimentos (Cuadro 4) no presentó diferencias importantes entre tratamientos, lo cual se corresponde con la ausencia de diferencias en productividad entre los mismos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre la productividad de la caña de azúcar. Ciclo plantilla.

Elementos	Tratamientos	TCH	Pol %	TPH
N (Fuentes)	Urea	121 ^a	15,28a	19a
	NH ₄ NO ₃	116 ^a	15,38a	18a
MgO (kg/ha)	0	121a	15,18a	19a
	18	120a	14,86a	18a
	36	120a	15,72a	19a
	72	115a	15,26a	18a
	100	117a	15,33a	18a
	150	117a	15,63a	18a

Coefficiente variación (%): 9,6 5,0 10,1

Medias de tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí con $p \leq 0,05$

Por otro lado, aunque el nivel de CE del extracto de saturación suelo resultó relativamente alto (Cuadro 1), el mismo no se considera salino para el cultivo de la caña de azúcar en esta zona (Pla, 1979; Zérega et al., 1991), lo cual se confirma por los altos tonelajes de caña por hectárea obtenidos en este ensayo (Cuadro 5).

CONCLUSIONES

- 1.- No se afectó sensiblemente la composición nutricional del cultivo y no variaron las concentraciones de calcio, magnesio y potasio, ni y sus relaciones proporcionales en el suelo con las aplicaciones de Mg. Tampoco hubo diferencias estadísticas entre las dos fuentes de N evaluadas.
- 2.- No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos en número de tallos por m/lineal y altura de plantas medidos a los 7 meses, ni tampoco en la productividad registrada a la cosecha de la plantilla.
- 3.- En consecuencia, no se justificaría aplicar magnesio en los suelos cañameleros que tengan características químicas similares al empleado en este estudio. Asimismo, es indiferente utilizar cualquiera de las dos fuentes de nitrógeno evaluadas en estas condiciones edafoclimáticas, aunque la úrea es la fuente de este nutrimento más económica que existe actualmente en el mercado venezolano.

LITERATURA CITADA

1. Anderson, D. L. 1989. Sugarcane nutrition, soils, and fertility practices in Florida. Proc. Inter-American Sugarcane Seminars. Miami. Florida pp. 87 - 100.
2. Anderson, D.L.1992. The sugarcane plant and magnesium. Sugar Journal 55 (1): 12.
3. Beauflis, E. R. y M.E. Sumner. 1977. Effect of time of sampling on the diagnosis of the N, P, K, Ca, and Mg requirements on sugar cane by DRIS approach. Proc. South African Sugar Technol. Assoc. 51: 123-127.
4. Chapman H. D. y P. F. Pratt. 1978. Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters. Div. Agr. Sci. Univ. of California. Riverside. 309 p.
5. Domínguez V., A. 1989. Tratado de Fertilización. Mundi-Prensa. Madrid.
6. Elwali, A. M. O. y G. J. Gascho.1983. Niveles críticos de nutrientes en la hoja y normas DRIS como guías de fertilización de caña de azúcar. Seminario Inter-Americano de la Caña. Miami-Florida. pp. 312 -327.
7. Fearon, C. G. 1991. Determinación de los niveles de magnesio en suelos cañeros de Jamaica. Memorias del Seminario Inter-Americano de la Caña de Azúcar: Miami. Florida. pp. 107-111.
8. Geolingo, R. C., E. P. Gotera, R. M. Bombio y D. A. Santos. 1989. The Biomass production of eight sugar cane varieties related to nutriment uptake. Proceedings of the Philippine Sugar Technologists Association. pp177 - 184.
9. Jokinen, R. 1984. Effects of different ammonium nitrate levels on the amounts of exchangeable soil magnesium and applied magnesium in eight mineral soil. Journal of Agricultural Science of Finland 56 (1): 97-100.
10. Jones, J. B., B. Wolf y H. Mills. 1965. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing. Athens, Georgia.
11. Keren, R. 1984. Potassium, magnesium and boron in soils under saline and sodic conditions. In: I. Shainberg y J. Shalhevet (eds.) Soil Salinity under Irrigation. Processes and Management. pp. 77-99.
12. Malavolta, E.; G. Vitti y S. A. De Oliveira. 1989. Avaliacao do estado Nutricional das Plantas. Principios Aplicacoes. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Nagy. Piracicaba. Brasil. 201 p.
13. Mendoza, S., G. Valera y C. Ohep. 1983.

- Estudio preliminar de suelos del eje Morón-Barquisimeto - La Lucía, Estado Falcón, Carabobo, Yaracuy y Lara. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR) Barquisimeto. 177p.
14. Mesa N., A. y M, Naranjo. 1984. Manual de Interpretación de los Suelos. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Suelos y Fertilizantes. Ed. Científico-Técnica del Ministerio de la Cultura. La Habana. 136p.
 15. Pla, I. 1969. Metodología de laboratorio recomendada para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad de suelos, agua y plantas. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 117p.
 16. Pla, I. 1979 Calidad y uso de aguas para riego. Suelos Ecuatoriales 10(2): 26-50.
 17. Rodríguez, J. 1977. Diagnóstico de la fertilidad del suelo. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Mérida. 137p.
 18. Sonneveld, C. 1987. Magnesium efficiency in rockwool grown tomatoes as affected by climatic condition and plant nutrition. Journal of Plant Nutrition 10 (9-16): 1591-1604.
 19. Sulroca D., F. 1995. El A-B-C de los fertilizantes y su manejo en la caña de azúcar. Revista Cañaveral (Cuba) 1(2):6-13.
 20. Zérega M., L., 1993. Influencia de la fertilización química en la salinización del suelo y en los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar. Revista Caña de Azúcar 11 (1):3-44.
 21. Zérega M., L., O. T. Hernández y J. Valladares. 1991. Caracterización de suelos y aguas afectadas por sales en zonas cañameleras de la Azucarera Río Turbio. Revista Caña de Azúcar 9(1): 5-52.
 22. Zérega, M. L. 1994. Manejo de suelos y uso de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. Revista Fundazúcar. Boletín N° 10. 23 p.