

## FERTILIZACIÓN

### ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/hukVj>

# Respuesta de caña de azúcar a la aplicación de fertilizantes minerales en Ciego de Ávila

## *Sugarcane response to the application of mineral fertilizers in Ciego de Avila*

MSc. Jesús González-Domínguez<sup>I</sup>, Dr.C. Mario E. de León-Ortiz<sup>II</sup>, Ing. Isaias Machado-Contreras<sup>II</sup>, Dra.C. Emma Bárbara Pineda-Ruiz<sup>III</sup>, MSc. Yudith Viñas-Quintero<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Ciego de Ávila, Cuba.

<sup>II</sup> Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Boyeros, La Habana, Cuba.

<sup>III</sup> Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló con el objetivo de conocer la respuesta del rendimiento en dependencia de la cepa de la caña de azúcar y la nutrición en tres experimentos de larga duración, conducidos desde 1978 hasta 2007 en un suelo Ferralítico rojo típico, para el estudio de dosis de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en la provincia Ciego de Ávila, Cuba. Contaron con 23 cosechas cada uno. En los tres experimentos, las cepas de caña planta no incrementaron el rendimiento con las aplicaciones de N y K y solo hubo efecto positivo de la fertilización fosfórica en 40% de las mismas. Asimismo, el conjunto formado por caña planta, primero y segundo retoños respondió al N y al K en 15 y 23%, respectivamente, llegando a 54% en el caso del estudio con P. Por el contrario, a partir del tercero y hasta el sexto, se encontraron respuestas en 100%, 90% y 80% de las cosechas efectuadas en los ensayos de N, P y K, respectivamente, asociado con el empeoramiento de las condiciones del suelo, el envejecimiento de las cepas y la dificultad del sistema radical para la extracción de los nutrientes.

**Palabras clave:** caña de azúcar, fertilizantes, envejecimiento de la cepa, extracción radical.

**ABSTRACT.** The work was carried out to know the yield response of sugarcane depending on the stock and nutrition in three long term experiments conducted from 1978 to 2007 in a typical red Ferralitic soil, for the study of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) doses, in the province of Ciego de Ávila, Cuba. Each of the experiments had 23 harvests. In the three experiments, the plant cane stock did not increase the yield with N and K applications and there was only a positive effect of phosphoric fertilization in 40% of them. Also, the set consisting of plant cane, first and second sprouts responded to N and K in 15 and 23%, respectively, reaching 54% in the case of the study of P. On the contrary, from the third sprout and up the sixth, responses were found in 100%, 90% and 80% of the harvests made in the experiments of N, P and K, respectively, associated with the worsening of soil conditions, stock aging and difficulty of root system to reach nutrients.

**Keywords:** sugarcane, fertilizers, stock age, roots extraction.

## INTRODUCCIÓN

En un contexto de producción agropecuaria cada vez más demandante, diagnosticar correctamente el estado nutricional

de los cultivos es condición necesaria para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos e insumos involucrados en el sistema productivo (Correndo y García, 2017).

\*Autor para correspondencia: Jesús González-Domínguez, e-mail: [jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu](mailto:jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu)

**Recibido:** 16/11/2018.

**Aprobado:** 31/05/2019.

Aunque la caña de azúcar puede sembrarse con semilla verdadera, los cultivos comerciales siempre se siembran utilizando cortes de tallo o esquejes a menudo llamados semilla (INICA, 2014). Al primer corte se le denomina caña planta y a los subsiguientes socas o retoños.

En Cuba se realizan, como promedio, cinco cortes en siete años a las plantaciones comerciales una planta y cuatro retoños, provenientes de una misma macolla, con una contracción en el rendimiento agrícola e industrial en la medida que se efectúa un número mayor de cortes, asociado al deterioro de las condiciones físicas y químicas del suelo, como efecto acumulativo de la compactación, producto del cruce de la maquinaria agrícola y de cosecha, manejo inadecuado de labores agrotécnicas, efectos negativos del ambiente, incidencia de enfermedades, elevación de la macolla hacia la superficie y la disminución del potencial productivo de los cultivares utilizados, entre otros. Esta situación ocasiona una menor exploración de las raíces y la disminución de la porosidad del suelo en el área radical, que inciden negativamente en la eficiencia de estas, no teniendo acceso a una cantidad nada despreciable de P y K en el subsuelo, causas por las cuales el productor se siente obligado a incrementar la aplicación de fertilizantes, para mantener una producción adecuada o efectuar la reposición por cuestiones económicas.

El papel de las raíces en la nutrición vegetal es sumamente importante. Un factor de relevancia, relacionado con el complejo planta-agua-suelo, es la distribución del sistema radical, así como su dinámica de crecimiento (Kellermeier *et al.*, 2014). En este mismo sentido Melgar *et al.* (2014), plantea que la combinación de labores mecanizadas en la preparación de suelo, es la encargada de acondicionar el lugar donde se deposita el esqueje, para que este encuentre condiciones adecuadas y así estimular una buena germinación y un crecimiento vigoroso de la masa foliar y radical.

Según Aguilar (2010), en el desarrollo potencial de la caña de azúcar tienen incidencia factores como la aptitud edafoclimática (32,2%), gestión de plagas, malezas y enfermedades (20,3%), fertilización N,P,K, materia orgánica del suelo (MOS) y otras (17,2%), cultivares y ciclos productivos (plantas, socas, y retoños) (12,5%), riego y mecanización (8,5%), tipo de cosecha (verde o quemada) (6,6%) y tamaño del predio (2,7%).

El objetivo del trabajo fue conocer el efecto de la aplicación de diferentes dosis de N, P, K en cada una de las cepas vegetativas del cultivo de la caña de azúcar, en tres experimentos de larga duración, plantados en un suelo Ferralítico rojo típico, en la región central de Cuba.

## MÉTODOS

En el estudio se utilizaron los datos provenientes de tres experimentos de larga duración, con diferentes dosis de N, P, K conducidos desde el año 1978 hasta 2007, en la Estación Experimental de Investigaciones de la Caña de Azúcar, provincia Ciego de Ávila, en un suelo Ferralítico rojo típico, según Hernández *et al.* (1999). Las fuentes nutricionales utilizadas fueron urea (45%), superfosfato triple (46%) y cloruro de potasio (60%). En el primer ciclo de cosechas se utilizó la variedad My54-129, para el segundo Ja60-5, para el tercero C266-70, para el cuarto C1051-73 y para el quinto C90-317.

Estos suelos se consideran muy profundos, con buen drenaje, arcillosos, bien estructurados, bajas concreciones de hierro, alto contenido de arcilla principalmente del tipo caolinita, pequeñas cantidades de gibsita, pH ligeramente ácido a neutro, presentan una fertilidad natural de media a alta. Estas características químicas coinciden con el perfil 932 realizado en la zona de estudio (Tabla 1).

TABLA 1. Características químicas del perfil 932

Profundidad cm	Relación C/N	P total mg kg <sup>-1</sup>	P asimilable Bray/Kurtz ppm	K intercambiable cmol kg <sup>-1</sup> suelo
0-20	14,20	3130,0	5,11	1,26
20-40	14,70	3270,0	0,39	0,29
40-60	12,01	3300,0	0,01	0,14

FAO-UNESCO (1988): Hypereutri-Haplic Ferralsol. USDA Soil Taxonomy (1992): Typic Eutruxox. II Clasificación Genética de los suelos de Cuba (1975): Ferralítico Rojo Típico (Hernández *et al.*, 1975).

los tres experimentos se utilizó un diseño en bloque al azar, con seis tratamientos y seis replicas. Se emplearon dosis crecientes del elemento en estudio y fondo fijo de los otros dos nutrientes, como se refleja en la Tabla 2.

TABLA 2. Tratamientos y dosis empleadas en cada experimento

Tratamiento	Experimento N	Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )	
		Experimento P	Experimento K
I	N0-P90-K120	N75-P0-K120	N75-P90-K0
II	N50-P90-K120	N75-P50-K120	N75-P90-K50
III	N75-P90-K120	N75-P100-K120	N75-P90-K100
IV	N100-P90-K120	N75-P150-K120	N75-P90-K150
V	N150-P90-K120	N75-P200-K120	N75-P90-K200
VI	N200-P90-K120	N75-P250-K120	N75-P90-K250

Los experimentos fueron conducidos en condiciones de secano (temporal), a los que se le realizaron 23 cosechas (Tabla 3), siguiendo las normas metodológicas del Departamento de Manejo Agronómico INICA (1990), manteniendo las mismas dosis en cada ciclo.

**TABLA 3. Cantidad de cosechas realizadas a cada experimento, para cada cepa**

Cepa	Experimento		
	N	P	K
Caña planta	5	5	5
Retoño 1	4	4	4
Retoño 2	4	4	4
Retoño 3	4	4	4
Retoño 4	2	2	2
Retoño 5	2	2	2
Retoño 6	2	2	2
Total	23	23	23

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 11,5 para procesar los datos. Se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad del error, luego de comprobar que las variables fueran homogéneas y normales.

Los datos correspondientes a las precipitaciones en este período fueron obtenidos de la Estación Agro-meteorológica

situada a 300 m del área en estudio. Durante siete años la pluviometría se comportó por debajo de 1000 mm. Enero fue el mes de menor lluvia promedio con 13,0 mm y septiembre el de mayor con 229,2 mm.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El N es un elemento constituyente de gran número de compuestos orgánicos, la importancia fisiológica está unida a su presencia en todas las sustancias proteicas que intervienen en los procesos de crecimiento y multiplicación de las plantas (Fernández *et al.*, 2014).

En el estudio de diferentes dosis de N no hubo respuesta en las cinco cosechas efectuadas en caña planta (Figura 1), solo se encontró en 25 y 50 % desde el primer hasta el tercer retoño. Sin embargo, a partir del cuarto las mismas fueron en el 100% de los casos (Tabla 4). Se presentan en las tablas solo las cosechas donde se observaron diferencias significativas, mientras que las figuras muestran la cantidad de ellas que dieron respuesta para cada una de las cepas.

**TABLA 4. Cosechas con respuesta significativa en el experimento de dosis de nitrógeno**

Trat	R1C2	Sign	R3C2	Sign	R2C3	Sign	R3C3	Sign	R4C3	Sign
0	90,96	b	78,99	b	153,56	b	81,05	c	77,74	c
50	104,91	ab	100,46	a	185,99	ab	89,74	bc	85,12	bc
75	111,20	ab	100,57	a	193,23	ab	100,64	a	93,44	ab
100	112,95	a	102,57	a	199,92	a	101,83	a	95,32	a
150	117,93	a	103,72	a	204,14	a	96,13	ab	91,71	ab
200	116,14	a	102,93	a	207,15	a	94,22	ab	86,47	bc
F	4,3240		2,6017		3,8585		10,821		7,7860	
p	0,0044		0,0000		0,0081		0,0000		0,0000	
Trat	R5C3	Sign	R6C3	Sign	R1C4	Sign	R4C4	Sign	R5C4	Sign
0	62,00	b	45,25	c	83,65	c	85,38	b	81,72	b
50	76,18	a	66,74	b	88,98	bc	113,55	a	104,61	a
75	83,28	a	73,55	ab	101,90	abc	101,16	ab	100,54	ab
100	86,79	a	77,93	a	116,59	a	103,47	ab	99,99	ab
150	79,20	a	68,18	ab	110,91	a	98,72	ab	104,92	a
200	76,16	a	65,34	b	107,32	ab	104,25	ab	100,06	ab
F	10,859		20,587		7,7166		2,1335		3,3253	
p	0,0000		0,0000		0,0000		0,0085		0,0156	
Trat	R6C4	Sign	Estos resultados coinciden con los obtenidos por diferentes autores, los que confirman que los retoños necesitan mayor cantidad de N que la caña planta. Según Pablos (2009) en la medida que aumenta el número de cortes, la necesidad de aplicar N aumenta.							
0	72,18	b								
50	99,63	a								
75	93,55	a								
100	92,96	a								
150	97,17	a								
200	99,15	a								
F	8,6835									
p	0,0000									

Nota: Trat=tratamiento. Sign=Significación R=Retoño C=Ciclo de siembra.

En caña planta, al preparar el suelo y crear condiciones idóneas para la plantación, ocurre una mayor mineralización de la materia orgánica, por lo que gran cantidad de N es cedido al cultivo y se minimiza el uso del mismo en los fertilizantes nitrogenados. La respuesta alcanzada para cada cepa se presenta en la Figura 1.

Las cepas más jóvenes (planta hasta el segundo retoño), respondieron a la fertilización fosfórica en 54% (Figura 2), llegando a 90% a partir del tercero y 100% del cuarto retoño (Tabla 5).



FIGURA 1. Cantidad de cosechas por cepa donde se encontró respuesta a la fertilización nitrogenada.

TABLA 5. Cosechas con respuesta significativa en el experimento de dosis de fósforo

Trat	PI C1	Sign	R3 C1	Sign	R1 C2	Sign	R2 C2	Sign	R3 C2	Sign	PC3	Sign
0	85,75	bc	109,20	bc	78,87	b	86,14	b	89,57	c	130,40	b
50	107,71	ab	111,75	bc	92,94	ab	106,93	a	124,65	ab	163,95	a
100	107,12	ab	124,57	ab	100,70	a	110,68	a	121,11	b	173,93	a
150	125,83	a	128,18	ab	104,78	a	113,12	a	129,84	a	183,96	a
200	129,32	a	129,36	ab	104,08	a	112,50	a	122,1	ab	184,00	a
250	131,23	a	134,38	a	103,06	a	114,00	a	125,8	ab	180,25	a
F	8,6835		4,077		5,880		15,705		58,850		5,951	
p	0,0000		0,0061		0,0007		0,0000		0,0000		0,0006	
Trat	R1 C3	Sign	R2 C3	Sign	R3 C3	Sign	R4 C3	Sign	R5 C3	Sign	R6 C3	Sign
0	88,77	b	131,71	b	59,27	c	61,03	b	47,31	d	46,92	c
50	123,97	ab	164,64	a	67,83	c	74,28	a	72,07	c	62,04	b
100	112,15	ab	171,69	a	78,16	b	77,39	a	84,38	b	72,00	a
150	121,01	ab	173,63	a	87,03	ab	79,28	a	92,47	a	72,73	a
200	132,22	a	175,45	a	90,58	a	76,92	a	89,01	ab	70,38	ab
250	132,70	a	178,4	a	94,87	a	76,71	a	88,65	ab	71,66	a
F	3,435		9,429		26,793		4,657		166,06		23,015	
p	0,0143		0,0000		0,0000		0,0029		0,0000		0,0000	
Trat	R1 C4	Sign	R4 C4	Sign	R5 C4	Sign	R6 C4	Sign				
0	64,23	b	74,68	b	75,57	b	43,9	b				
50	78,72	ab	83,14	ab	88,13	ab	50,42	ab				
100	86,89	ab	98,43	a	92,97	ab	46,85	ab				
150	88,45	a	83,85	ab	92,53	ab	55,96	a				
200	92,08	a	97,23	ab	103,93	a	54,03	ab				
250	84,03	ab	82,12	ab	90,57	ab	48,33	ab				
F	3,3168		2,958		3,838		2,993					
p	0,0167		0,0275		0,0083		0,0262					

Nota: Trat=tratamiento. Sign=Significación P=planta R=Retoño C=Ciclo de siembra.

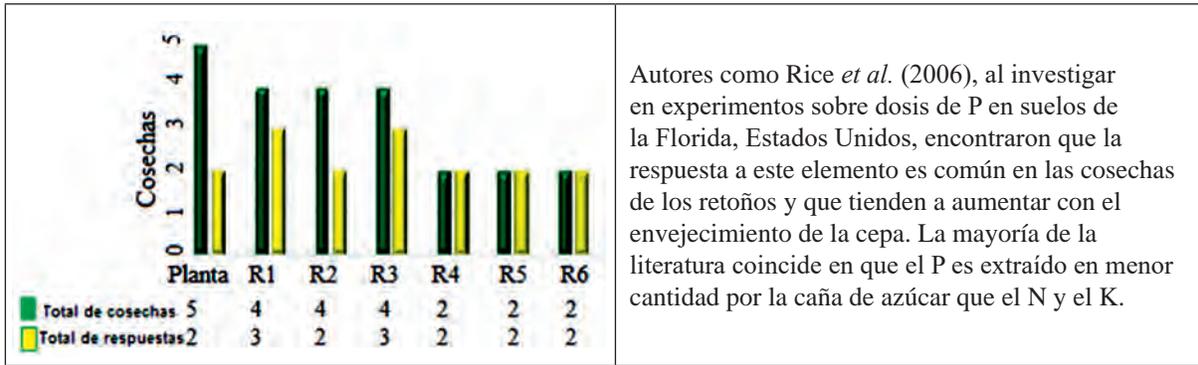
Estos resultados coinciden con Cortegaza (2009) quien encontró que la respuesta de la caña de azúcar ante las aplicaciones de P es afectada por el número de cortes realizados a la plantación, siendo menor las respuestas de las cepas de caña planta al cuarto retoño, comparadas con las alcanzadas en el quinto retoño. De la misma forma, con el envejecimiento de la cepa, apreció un incremento del índice de consumo o cantidad de P requerido para estabilizar la producción.

Los resultados alcanzados en el trabajo, discrepan con reportes realizados por Villegas y Pérez (1979), quienes observaron una mayor respuesta a la aplicación de P sobre el rendimiento del cultivo de la caña de azúcar en la cepa caña planta.

En el experimento de dosis de K no se encontraron respuestas significativas a la aplicación de diferentes dosis en las cinco cepas de caña planta, similar a lo ocurrido en el experimento de dosis de N, como se muestra en la Figura 3 y Tabla 6.

Solo 15% de las cepas más jóvenes que incluye hasta el segundo retoño del experimento de K respondieron a la aplicación de este elemento. Se encontró respuesta a la fertilización potásica en 80% de las cosechas a partir del tercer retoño, siendo 100% a partir del quinto retoño (Figura 3).

El K es el elemento que extrae en mayores cantidades la caña de azúcar, la demanda puede alcanzar valores superiores a 2 kg de  $K_2O$  por tonelada de tallos producida, aunque debe encontrarse en el entorno de 1,8 (De León *et al.*, 2015).



Autores como Rice *et al.* (2006), al investigar en experimentos sobre dosis de P en suelos de la Florida, Estados Unidos, encontraron que la respuesta a este elemento es común en las cosechas de los retoños y que tienden a aumentar con el envejecimiento de la cepa. La mayoría de la literatura coincide en que el P es extraído en menor cantidad por la caña de azúcar que el N y el K.

FIGURA 2. Cantidad de cosechas por cepa donde se encontró respuesta por efecto de la fertilización fosfórica.

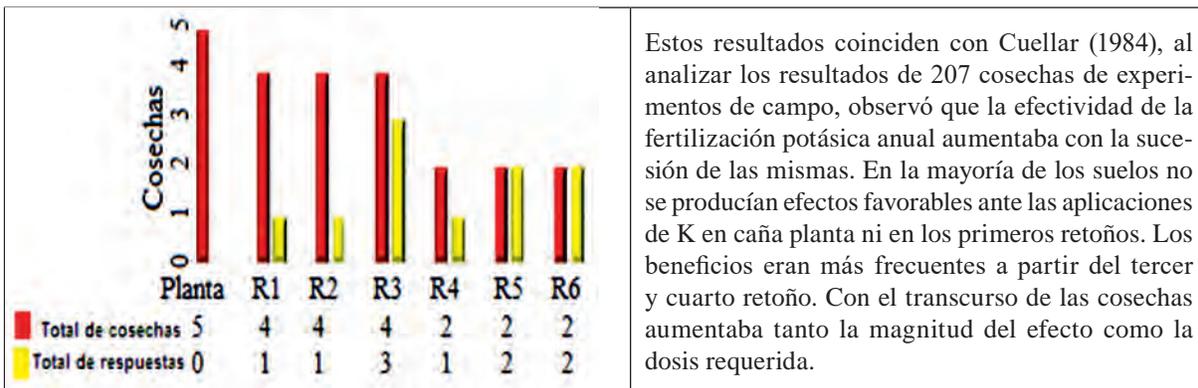
TABLA 6. Cosechas con respuesta significativa en el experimento de dosis de potasio

Trat	R3C2	Sign	R1C3	Sign	R2C3	Sign	R3C3	Sign	R5C3	Sign
0	77,65	b	94,77	b	58,78	b	129,93	b	46,57	c
50	106,88	ab	112,64	ab	73,05	a	138,49	ab	61,92	b
100	103,08	ab	123,46	a	74,22	a	148,35	ab	65,32	b
150	105,01	ab	119,43	a	71,35	ab	163,58	a	72,48	a
200	105,07	ab	120,11	a	67,83	ab	159,02	a	77,09	a
250	108,31	a	119,15	a	69,75	ab	160,28	a	78,43	a
F	2,8235		5,8435		3,5930		4,2758		65,043	
p	0,0332		0,0007		0,0115		0,0047		0,0000	

Trat	R6C3	Sign	R3C4	Sign	R4C4	Sign	R5C4	Sign	R6C4	Sign
0	42,89	c	73,07	b	80,29	ab	46,57	c	59,51	c
50	59,31	b	89,83	ab	78,09	ab	61,92	b	72,45	b
100	68,17	a	86,66	ab	91,4	ab	65,32	b	95,41	a
150	68,97	a	71,74	b	92,52	a	72,48	a	94,65	a
200	70,57	a	87,17	ab	92,26	a	77,09	a	94,84	a
250	73,33	a	101,8	a	76,49	b	78,43	a	96,19	a
F	61,244		6,2600		4,4389		9,2943		50,183	
p	0,0000		0,0004		0,0038		0,0000		0,0000	

Nota:Trat=tratamiento. Sign=Significación R=Retoño C=Ciclo de siembra.



Estos resultados coinciden con Cuellar (1984), al analizar los resultados de 207 cosechas de experimentos de campo, observó que la efectividad de la fertilización potásica anual aumentaba con la sucesión de las mismas. En la mayoría de los suelos no se producían efectos favorables ante las aplicaciones de K en caña planta ni en los primeros retoños. Los beneficios eran más frecuentes a partir del tercer y cuarto retoño. Con el transcurso de las cosechas aumentaba tanto la magnitud del efecto como la dosis requerida.

FIGURA 3. Cantidad de cosechas por cepa donde se encontró respuesta por efecto de la fertilización potásica

Según Neil (2016) es de vital importancia para la nutrición de la planta, la distribución del sistema radical, así como la dinámica de crecimiento de estas en el suelo, asegurando la habilidad de tolerar el estrés hídrico. Con el deterioro de las condiciones del suelo, en la medida que se suceden las cosechas,

se intensifica la compactación, se reduce el espacio poroso y es menor la disponibilidad de agua, oxígeno y nutrientes por menor difusión del K, reduciéndose la exploración de las raíces en menor volumen de suelo, tanto en profundidad como a ambos lados de la macolla. Todos estos elementos contribuyen a

expresar mayor respuesta a la aplicación de N, P y K a medida que envejece la cepa, pues disminuye la eficiencia de asimilación de las raíces.

El crecimiento radical es proporcional al crecimiento del tallo. Al no existir un proceso activo de absorción de nutrientes todos los procesos fisiológicos se retrasan, disminuye la fotosíntesis, se reduce la división celular y se detiene el crecimiento (Vidal *et al.*, 2014). Según INICA (2014) y Santana *et al.* (2014), al disminuir la macroporosidad del suelo, se limita directamente el proceso de difusión de iones, el cual constituye el principal mecanismo que controla el restablecimiento de la concentración de nutrientes en la superficie de las raíces, especialmente para los casos de P y K, elementos con menor movilidad en el suelo.

## CONCLUSIONES

- Las cepas de caña planta no respondieron en ninguno de los cinco ciclos de plantación y cosechas estudiados en los experimentos de N y K, solo hubo respuesta en 40% para el estudio de las dosis de P.
- En los experimentos de N y K se encontró baja respuesta, solo 15 y 23% en primer y segundo retoños, llegando a 54% en el estudio de las dosis de P.
- Se evidencia la necesidad de la fertilización con N, P y K a partir del tercer retoño, pues las respuestas en las cosechas realizadas se manifiestan en 100, 90 y 80% respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, N.: Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar, Inst. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Veracruz, México, 2010.
- CORRENDO, A.; GARCÍA, F.: Métodos de diagnóstico nutricional en cultivos extensivos en Argentina, Inst. Informaciones agronómicas de Hispanoamérica, IAH 26, Argentina, 3-12 p., 2017.
- CUELLAR, I.: El potasio de los suelos y la nutrición potásica de la caña de azúcar, Inst. INICA, MINAZ, Monografía, La Habana, Cuba, 44 p., 1984.
- DE LEÓN, M.E.; VILLEGAS, R.; RODRÍGUEZ, O.; ANGARICA, E.: “Efecto sobre la caña de azúcar del potasio aplicado al suelo para varios años”, Revista Cuba & Caña, 38(1): 8-13, 2015, ISSN: 1028-6527.
- FERNÁNDEZ, M.M.; VICCA, S.; JANSSENS, I.A.; SARDANS, J.; LUYSSAERT, S.; CAMPIOLI, M.; CHAPIN III, F.S.; PHILIPPE C; MALHI, Y.; OBERSTEINER, M.: “Nutrient availability as the key regulator of global forest carbon balance”, Nature Climate Change, 4(6): 471-476, 2014, ISSN: 1758-6798.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; ASCANIO, O.; ORTEGA, F.; ÁVILA, L.; CÁRDENAS, A.; MARRERO, A.; COMPANIONI, N.; VILLEGAS, R.; CUELLAR, I.; CASTELLANOS, M.; TATEVOSIAN, T.; SHISHOV, L.; AGAFONOV, O.; SHISHOVA, V.: “II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba”, Rev. Agricultura, VIII(1): 47-69, 1975.
- HERNÁNDEZ, J.A.; PÉREZ, J.J.M.; MESA, N.Á.; FUENTES-ALFONSO, A.E.; BOSCH, I.D.: Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba., Ed. Instituto de suelos, La Habana, Cuba, 1999.
- INICA: Normas Metodológicas del Departamento Suelos y Agroquímica, Tomo I, Inst. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Normas Metodológicas, La Habana, Cuba, 96 p., 1990.
- INICA: Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 302 p., 2014, ISBN: 978-959-300-036-9.
- KELLERMEIER, F.; ARMENGAUD, P.; SEDITAS, T.J.; DANKU, J.; SALT, D.E.; AMTMANN, A.: “Analysis of the root system architecture of Arabidopsis provides a quantitative readout of crosstalk between nutritional signals”, The Plant Cell, 26(4): 1480-1496, 2014, ISSN: 1040-4651.
- MELGAR, M.; MENESES, A.; OROZCO, H.; PÉREZ, O.; ESPINOSA, R.: El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, ser. P, no. ser. 81, Ed. Librerías Artemis Edinte, S.A., Artemis Edinter ed., Guatemala, 2014, ISBN: ISBN 978-9929-40-460-4.
- NEIL, W.: Environmental Plant physiology, Ed. Garland Science, New York, USA, 77-90 p., 2016.
- PABLOS, R.P.D.: Actualización de criterios diagnósticos para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar en Cuba, Universidad Agraria de La Habana, PhD. Thesis, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 100 p., 2009.
- RICE, R.; GILBERT, R.; LENTINI, R.: Nutritional requirements for Florida sugarcane, Inst. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Florida Cooperative Extension Service, UF-IFAS Extension SS-AGR-228 Document, Gainesville, FL, USA, 1-9 p., 2006.
- SANTANA, I.; GONZÁLEZ, M.; CRESPO, R.; GUILLEN, S.: Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar, Inst. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), La Habana, Cuba, 978-959 p., 2014.
- VIDAL, L.; GUILLEN, S.; GUTIÉRREZ, A.; LAMELAS, C.; ROQUE, R.; GARCÍA, S.; FONSECA, J.; VILLEGAS, R.: El drenaje y la caña de azúcar. Manual para productores, Inst. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Ediciones INICA, La Habana, Cuba, 88 p., 2014.
- VILLEGAS, R.; PÉREZ, H.: Resultados experimentales obtenidos en la fertilización nitrogenada y fosfórica de la caña de azúcar Parte II Fertilización fosfórica, Inst. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 1979.

Jesús González-Domínguez, Investigador, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Máximo Gómez, entre 3 y 4, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: [jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu](mailto:jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu)

Mario E. de León-Ortiz, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera CUJAE, km 1<sup>1/2</sup>, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 19390, e-mail: [mleon@inica.azcuba.cu](mailto:mleon@inica.azcuba.cu)

Isaías Machado-Contreras, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera CUJAE, km 1<sup>1/2</sup>, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 19390, e-mail: [isaias.machado@inica.azcuba.cu](mailto:isaias.machado@inica.azcuba.cu)

Emma Bárbara Pineda-Ruiz, Investigadora, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro, Autopista Nacional, km 247, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba, e-mail: [emma.pineda@eticavc.azcuba.cu](mailto:emma.pineda@eticavc.azcuba.cu)

Yudith Viñas-Quintero, Investigadora, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera CUJAE, km 1<sup>1/2</sup>, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 19390, e-mail: [yudith.vinas@inica.azcuba.cu](mailto:yudith.vinas@inica.azcuba.cu)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

**...sistemas integrales de ingeniería agrícola,  
nuestra contribución a la seguridad alimentaria...**



**IAgric**  
Instituto de Investigaciones  
de Ingeniería Agrícola

**desarrollamos  
y comercializamos**

- **Elementos para Sistemas de Riego.**
- **Implementos y Equipos de Mecanización Agropecuaria.**
- **Asistencia Técnica especializada para la instalación, y explotación de tecnologías agrícolas.**
- **Servicios de ingeniería para el diseño de sistemas de riego y drenaje y equipos y máquinas agrícolas.**
- **Servicios de pruebas y validación de tecnologías agrícolas.**
- **Servicios de capacitación y entrenamiento especializados en los campos de la ingeniería agrícola.**

**INFORMACIÓN:** Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial  
Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27 Arroyo Naranjo  
E-mail: [agriccomercial@minag.cu](mailto:agriccomercial@minag.cu) Teléfonos(537) 691 2533 / 691 2665