

**La fertilización potásica de la caña de azúcar y el porcentaje de pol en jugo.  
Potassium fertilization of the sugar cane and the pol percentage in juice.**

**Autores:** Jesús González-Domínguez<sup>1</sup>, Mario E. De León-Ortiz<sup>2</sup>, Emma B. Pineda-Ruiz<sup>3</sup>, Isaías Machado-Contrera<sup>4</sup>, Pablo Pablos-Reyes<sup>5</sup>.

**Organismo:** <sup>1</sup>Grupo de Extensión y Servicios Agrícolas (GESA) Ciego de Ávila, <sup>2,4</sup>Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), <sup>3</sup>ETICA Villa Clara, <sup>5</sup>ETICA Oriente Sur, Santiago de Cuba.

**E-mail:** [jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu](mailto:jesus.gonzalez@epica.azcuba.cu), [mleon@inica.azcuba.cu](mailto:mleon@inica.azcuba.cu), [emma.pineda@inicavc.azcuba.cu](mailto:emma.pineda@inicavc.azcuba.cu), [isaias.machado@correo.azcuba.cu](mailto:isaias.machado@correo.azcuba.cu), [pablo.pablos@inicas.azcuba.cu](mailto:pablo.pablos@inicas.azcuba.cu).

**Resumen.**

El estudio tuvo como objetivo verificar la respuesta del porcentaje de pol en jugo a la aplicación de diferentes dosis de potasio, en siete experimentos denominados de larga duración, pertenecientes a la red geográfica experimental del Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA) en Cuba. La investigación se desarrolló en diversos escenarios cañeros, diferenciados por tipos de suelos, cepas, precipitación y otros factores edáficos. Solo se encontró respuesta en 11 cosechas (8%) de 140 realizadas y su comportamiento fue de forma errática, pues no siguió ningún patrón de respuesta en atención a las cepas, tipos de suelos, precipitación ocurrida o cantidad de cosechas continuas realizadas a un tratamiento.

**Palabras claves:** porcentaje de pol en jugo, dosis de potasio.

**Abstract.**

The study was aimed at verifying the answer of the pol percentage in juice to the application of different potassium doses, in seven long-term experiments, which belong to the experimental geographic network of the Sugar Cane Research Institute in Cuba (INICA). The investigation was carried out in different sugar cane productive locations, differentiated by types of soils, strains, precipitation and other edaphic factors. It was found response in only 11 harvests (8%) out of 140 developed and their behavior was erratic because it did not follow any response pattern regarding the strains, types of soil, precipitation during cane cycle or quantity of continuous harvests done to all treatments.

**Keywords:** percentage of pol in juice, potassium dose.

## **Introducción**

El objetivo final de la producción de caña de azúcar es llegar al momento de la cosecha con jugos que contengan elevada proporción de sacarosa y bajos contenidos de elementos que interfieran en la extracción fabril de esta. Los elementos esenciales son extraídos por las plantas para cumplir sus funciones metabólicas, concentrándose dentro de estas en diferentes proporciones. Según Mikelssen (2009), el potasio (K) es el catión requerido en mayor cantidad por las plantas, independientemente del manejo de nutrientes que se realice. La cantidad final dentro de la planta también estará definida por el contenido asimilable presente en el suelo (Arzola *et al.*, 2013).

Diversos autores consideran que el potasio es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos (Kant y Kafkafi, 2004; Molina, 2006; Fageria, 2009; Bakhsh, 2009; Meyer, 2011; CENICAÑA, 2014). Sin embargo, en la literatura también se encuentran trabajos donde no se han observado respuestas de la caña de azúcar a la fertilización potásica (Otto *et al.*, 2010 y Delgado, 2010).

La maduración de la caña de azúcar es el proceso sistemático de acumulación de sacarosa en el tallo, en que azúcares simples o primarios, glucosa y fructuosa (reductores) se integran para formar sacarosa, disacáridos de interés comercial, con disminución acelerada, en el punto ideal de cosecha, de la humedad en los tejidos de la planta (hasta aproximadamente 73% de humedad gravimétrica) y de N (alrededor de 0,25%), en los entrenudos 8 a10 del tallo (Chávez, 1999).

Según Arzola (2013), los principales efectos del K sobre la caña de azúcar se resumen en el régimen hídrico, la formación de carbohidratos, el metabolismo del N, el movimiento de compuestos orgánicos en la planta, el desarrollo de la planta, la formación y neutralización de ácidos orgánicos, la época de maduración y la resistencia a plagas y enfermedades. La mayor parte de los cultivares de caña de azúcar recomendados para la explotación industrial poseen altos tenores de azúcar. El empleo de dosis muy elevadas de potasio ( $\approx 320$  kg/ha de  $K_2O$ ) reduce la pol en caña con excepción de los suelos fuertemente desaturados. Jugos provenientes de cañas cultivadas en suelos salinos, ricos en sulfato de potasio (yeso) producen incrustaciones de sulfato de calcio hidratado (Larrahondo, 1995). Javascript: void (0)

Atendiendo a la relación del potasio con la maduración de la caña fue objetivo en este trabajo conocer la incidencia de diferentes dosis de potasio sobre los contenidos de pol en jugo en el momento de la cosecha.

## **Materiales y métodos**

Las evaluaciones fueron realizadas en siete experimentos clasificados como de “*larga duración*”, correspondientes a estudios de niveles de potasio a la edad de 12 meses (Tabla 1) en áreas experimentales de la red geográfica del Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA) en Cuba, bajo condiciones naturales (sin riego). Se evaluaron 140 cosechas realizadas en diferentes ciclos.

Clave	Localización	Tipo de suelo
OmKn4	Bloque Cristino Naranjo, Holguín	Oscuro Plástico Gleysoso Negro
CmKn	EPICA Camagüey	Pardo con Carbonatos Típico
TmKn	Bloque Lora, Las Tunas	Oscuro Plástico Gleysoso
AmKn	EPICA Ciego de Ávila	Ferralítico Rojo Típico
SmKn	Bloque Guayos, EPICA Sancti Spiritus	Fersialítico Pardo Rojizo Típico
VmKn5	EPICA Villa Clara, V. Clara	Oscuro Plástico Gleysoso Negro Grisáceo
VmKn60	Bloque Sagua La Grande, V. Clara	Oscuro Plástico Gleysoso Negro Grisáceo

**Tabla 1.** Relación de experimentos utilizados para estudiar la relación entre la fertilización potásica y el porcentaje de pol en jugo.

Los tratamientos utilizados por experimentos se muestran en la Tabla 2.

Exp.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Exp.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Exp.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	kg ha <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>		
AmKn	75	90	0	TmKn	120	50	0	SmKn	120	50	0
	75	90	50		120	50	50		120	50	40
	75	90	100		120	50	75		120	50	80
	75	90	150		120	50	100		120	50	120
	75	90	200		120	50	125		120	50	160
	75	90	250		120	50	150		120	50	200
OmKn	120	50	0	CmKn	120	50	200	VmKn5	120	50	0
	120	50	40		120	50	0		120	50	40
	120	50	80		120	50	50		120	50	80
	120	50	120		120	50	100		120	50	120
	120	50	160		120	50	150		120	50	160
	120	50	200		120	50	200		120	50	200
VmKn60	150	50	0		120	50	250				
	150	50	50								
	150	50	100								
	150	50	150								
	150	50	200								
	150	50	250								

**Se evaluaron 140 cosechas en total**

**Tabla 2.** Dosis de NPK empleadas en cada experimento.

Las determinaciones de porcentaje de pol en jugo se realizaron según manual de normas y procedimientos del INICA (1990).

Las sustancias ópticamente activas como la sacarosa tienen la propiedad de desviar el plano de vibración de la luz polarizada en un ángulo determinado proporcional a la magnitud de su concentración. El método polarimétrico utilizado permite conocer la sacarosa aparente, pues existen otras sustancias ópticamente activas presentes en el jugo (entre ellas los azúcares reductores) que también provocan desviación del plano de vibración.

Las cosechas se ajustaron a una distribución normal y sus varianzas fueron homogéneas, por lo que se efectuó un ANOVA y cuando este fue significativo se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan al 5% de probabilidad del error.

### Resultados y discusión

La pol representa el contenido aparente de sacarosa expresado como porcentaje en peso. Existen diferentes combinaciones de elementos orgánicos e inorgánicos dentro de los jugos que entran a la industria que contribuyen a mejorar o empeorar la cantidad y calidad del azúcar a producir.

Las proporciones requieren normalmente de un tratamiento biométrico específico; frecuentemente no responden a las condiciones de normalidad y homogeneidad de varianza requerida por la prueba de F (ANOVA) por lo que se suelen usar transformaciones o emplear pruebas no paramétricas. Sin embargo, la variable pol (dado el carácter de su determinación y su variabilidad intrínseca) cumple generalmente los requisitos del análisis de varianza. Este es el caso del estudio que se presenta y por ello se utilizaron ANOVA y prueba de rango múltiple de comparación de medias (Duncan).

De las 140 cosechas evaluadas en los diferentes ciclos, sólo 11 (8%) mostraron diferencias significativas en la variable pol en jugo (Tabla 3).

Experimento	Ciclo	Cosecha								
		Total	PL	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
OmKn	5	Total	16	5	4	3	2	1	1	0
		Significativas	0	0	0	0	0	0	0	0
TmKn	6	Total	23	6	5	4	4	3	1	0
		Significativas	2	2	0	0	0	0	0	0
CmKn	4	Total	25	4	4	3	4	4	3	3
		Significativas	3	1	2	0	0	0	0	0
AmKn	5	Total	23	5	4	4	4	2	2	2
		Significativas	0	0	0	0	0	0	0	0
SmKn	3	Total	9	1	3	2	1	1	1	0
		Significativas	0	0	0	0	0	0	0	0
VmKn5	4	Total	20	4	3	2	4	3	2	2
		Significativas	4	0	0	1	1	1	1	0
VmKn60	5	Total	24	6	6	5	4	2	1	0
		Significativas	2	0	0	0	2	0	0	0
Total		Total	140	31	29	23	23	16	11	7
		Significativas	11	3	2	1	3	1	1	0
Significativas	Porcentaje	8	10	7	4	13	6	9	0	

**Tabla 3.** Cantidad total de cosechas realizadas por cepas y las que presentaron diferencias significativas en los experimentos seleccionados de niveles de potasio en los que se determinó pol en jugo.

En las cosechas con respuestas significativas se observó un comportamiento errático de la variable pol en jugo ante la aplicación de diferentes dosis de potasio. Los valores de pol más altos correspondieron tanto a la ausencia de fertilización potásica como a las dosis menores, medias, altas o a las muy altas. La manifestación de la tendencia de respuesta fue imprevisible, diferente de un año a otro, independiente de las cepas o de los ciclos de que se tratara, así como del tipo de suelo o de las condiciones climáticas (lluvia). La Tabla 4 muestra las respuestas encontradas y su comportamiento.

Niveles K <sub>2</sub> O	Experimento TmKn		Niveles K <sub>2</sub> O	Experimento CmKn		
	Ciclo 2	Ciclo 6		Ciclo 3	Ciclo 4	
	P	P		R1	P	R1
kg ha <sup>-1</sup>	Pol en jugo (%)		kg ha <sup>-1</sup>	Pol en jugo (%)		
0	15.8 b 0	16.8 b 9	0	19. a 21	18.3 a 1 b	19.5 b 4
50	15.7 b 8	18.0 a 6	50	18. b 41	19.2 a 2	19.9 ab 9
75	15.7 b 3	18.0 a 4	100	18. ab 90	18.0 b 2	20.1 a 5
100	16.4 a 0	17.1 b 1	150	19. a 33	19.0 a 2 b	19.8 ab 1
125	15.9 b 3	17.4 a 2 b	200	18. ab 96	18.6 a 6 b	19.7 ab 9
150	16.0 ab 9	17.8 a 5	250	19. a 60	18.3 a 1 b	19.8 ab 0
200	16.0 ab 4	17.4 a 6 b				
F	2.886	11.13	F	6.842	5.023	7.376
p	0.019	0.000	P	0.001	0.005	0.001
n						

Niveles K <sub>2</sub> O	Experimento VmKn5.				Niveles K <sub>2</sub> O	Experimento VmKn60	
	Ciclo 3		Ciclo 4			Ciclo 1	Ciclo 2
	R2	R5	R3	R4		R3	R3
kg ha <sup>-1</sup>	Pol en jugo (%)				kg ha <sup>-1</sup>	Pol en jugo (%)	
0	18. b 16	17.5 b 3	18.15 c 7	19.3 c 7	0	18.4 b 3	19.9 a 0
40	18. ab 29	17.9 a 4	18.33 bc 9	19.6 b c	50	19.2 a 2	19.6 ab 6
80	18. ab 30	17.9 a 8	18.50 ab 1	19.6 b c	100	19.2 a 8	19.4 ab 7 c
120	18. a 46	18.2 a 3	18.71 a 9	19.8 a b	150	19.5 a 6	19.6 ab 0
160	18. a 45	18.1 a 5	18.67 a 0	20.1 a 0	200	19.7 a 2	19.3 bc 9
200	18. a 55	18.2 a 5	18.61 ab 4	19.9 a b	250	19.2 a 5	19.1 c 2
F	2.694	4.122	4.653	4.792	F	12.43	3.173
p	0.036	0.005	0.002	0.002	p	0.0000	0.020
n							

**Tabla 4.** Respuesta de la variable pol en jugo ante la fertilización potásica en diferentes cepas y ciclos [Solo aparecen las cosechas en las que la prueba F fue significativa. Duncan a 5%].

Los resultados encontrados en la literatura referidos al comportamiento de la variable pol en jugo en relación con la fertilización potásica son también irregulares. Cuéllar (1983) observó que el porcentaje de sacarosa permanecía constante o se incrementaba con aplicaciones de K de 100 a 102 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> y, que con el empleo de dosis muy altas (300 a 320 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), tendía a disminuir. Alpizaret *al.*, (1984), en Costa Rica, sobre un suelo “medio” en potasio con dosis de 0 a 420 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, no encontraron diferencias significativas en los contenidos de brix, sacarosa y pureza ni rendimiento de azúcar por hectárea.

La fertilización con potasio es muchas veces desatendida, dado el hecho que los cultivos pueden producirse dentro de un amplio rango de disponibilidad del mismo en el suelo a diferencia de los otros dos nutrientes esenciales primarios N y P (Melgar, 2010).

Azama *et al.* (2007) en estudios de campo llevados a cabo en áreas cañeras de Japón, observaron reducción del contenido de azúcar en los tallos con el aumento de los niveles de potasio aplicados a la caña, destacando que a niveles altos de absorción de este los niveles de pol disminuían considerablemente.

Humbert (1968) refirió que en plantas de caña bien nutridas el movimiento de los azúcares recién formados en las hojas se realiza a una velocidad aproximada de  $2.5 \text{ cm min}^{-1}$ , pero esta velocidad decrece en presencia de deficiencias de potasio.

La variada respuesta de la sacarosa ante la fertilización potásica se explica por el carácter polifactorial del efecto (con la intervención de factores bióticos y abióticos muy variados), la cual dificulta la concurrencia de circunstancias y con ello la extrapolación del efecto.

### **Conclusiones**

La variable porcentaje de pol en jugo, aun siendo una proporción que frecuentemente no responde a las condiciones de normalidad y homogeneidad de varianza, cumplió con estos dos requisitos requeridos por la prueba de F (ANOVA), dado el carácter de su determinación y su variabilidad intrínseca.

La respuesta del porcentaje de pol en caña a la aplicación de dosis crecientes de potasio fue de 8% en las cosechas realizadas bajo diferentes escenarios edafo-climáticos de Cuba.

El porcentaje de pol en caña no siguió ningún patrón de respuesta atendiendo a cepas, cantidad de cosechas continuas realizadas, tipos de suelos y precipitación.

### **Referencias Bibliográficas**

Alpizar, D., López, C. & Chávez, M. (1984). Congreso Agronómico Nacional, 6, San José. Resúmenes. Julio. P 53-54.

Arzola, N., Fundora, O. & De Melo, R. (2013). *Manejo de suelos para una agricultura sostenible*. ISBN 978-85-61848-11-8. Jaboticabal: FCAV/UNESP.

Azama, T., Kawamitsu, Y., Fukuzawa, M., Ueno, R & Komiya, Y. (2007). Effects of potassium on photosynthesis and sugar yield in sugarcane. Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa 903-0213, Japan. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 26.

Bakhsh, K. (2009). Cane and Sugar Production. Punjab Agricultural Research Board. Technologies for the prosperity of Agricultural Stakeholders.

CENICAÑA (2014). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Librerías Artemis Edinte, S. A. ISBN 978-9929-40-460-4. 81p.

Chávez, M. (1999). Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de Suelos. Conferencia 78. Costa Rica. p. 196, 210.

Cuellar, I. (1983). Potasio en los principales tipos de suelos de las plantaciones cañeras de Cuba y efectividad de la fertilización potásica de la caña de azúcar (Tesis doctoral). INICA, Universidad Agraria de la Habana, Cuba.

- Delgado, C. (2010). Efecto de la fertilización Potásica en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y sobre el ataque de *Diatreascacharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae), en un suelo de Escobar, Departamento de Paraguarí (Tesis de pregrado). Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA San Lorenzo, PY.
- Fageria, N. (2009). The use of nutrients in crop plants. By Taylor and Francis Group, LLC. ISBN 978-1-4200-7510-6.
- Humbert, R. P. (1968). The growing of sugarcane. Elsevier. 652p.
- INICA (1990). Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica. Tomo 1. 100 p.
- Kant, S. & Kafkafi, U. (2004). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. Potasio en plantas y animales. p. 263-302.
- Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la caña de azúcar, CENICAÑA. El cultivo de la caña de azúcar en Colombia. Cali. Colombia. 337 – 354 pp.
- Meyer, J., Rein, P. & Katehryn, M. (2011). Good management practices manual for the cane sugar industry International finance corporation. Johannesburg. South Africa. 689 p.
- Melgar, M. (2010). Tendencias de la investigación en caña de azúcar a nivel mundial CENGICAÑA Presentación de resultados de investigación Zafra 2009-2010. Guatemala p. 10-17.
- Mikkelsen, R. (2009). Manejo del potasio para la producción de cultivos orgánicos. Informaciones agronómicas. IPNI. No 73. P 6 – 11. Quito, Ecuador.
- Molina, E. (2006). Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. Informaciones Agronómicas. Nro 63. INPOFOS. Quito. Ecuador. P 1-8.
- Otto, R., Vitti, C. & Luz, C. (2010). Manejo da adubaçãopotássica na cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Solo*, Viçosa, BR. 34:1137-1145.

**Fecha de recibido: 13 jun. 2018**

**Fecha de aprobado: 31 jul. 2018**