

Evaluación del Efecto de la Fertilización con Dos Fuentes y Cinco Dosis de Potasio Aplicados al Suelo en la Variedad Comercial de Caña de Azúcar CP 72-2086 en Cañas, Guanacaste. Promedio de Dos Cosechas.

Marco Chaves Solera^{1/}
Álvaro Angulo Marchena^{2/}

JUSTIFICACIÓN

Se conoce ampliamente que el potasio es un elemento nutricional de mucha relevancia en la fisiología y metabolismo de las plantas; por ejemplo, las cantidades removidas de este nutrimento por cultivos como es el caso de la caña de azúcar, supera en algunos casos ampliamente a las del nitrógeno, lo que demuestra y justifica su importancia en el desarrollo y crecimiento de los cultivos (**Chaves, 1999b**).

Henríquez et al (1990) menciona que la aplicación de K al suelo implica y conduce por lo general y bajo diferentes condiciones, a una mayor absorción del elemento por la planta; sin embargo, este comportamiento no siempre va acompañado de aumentos significativos en los rendimientos, evidenciando más bien en algunos casos un decrecimiento del peso seco por causa de la aplicación excesiva de K. Esta situación revela más bien que la concentración del elemento está ubicada entre límites definidos y diferenciales según sea el cultivo en estudio.

Por lo general, los suelos dedicados al cultivo de caña de azúcar en Costa Rica son de fertilidad media-alta, predominando los primeros. Según **Chaves (1999a)**, la fertilización básica utilizada para nutrir las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica y, en particular en la región de Guanacaste, está dada principalmente por la aplicación de los macronutrientes N y P y en menor grado K; lo cual podría estar ocasionando serios desbalances nutricionales, como también lo anotara **Chaves (1999b)**.

Respecto al K, es conveniente indicar que por tradición ha sido un elemento nutricional de mucho estudio e investigación, debido a su alta extracción, relevancia y actividad en los procesos metabólicos y fisiológicos de la caña. El potasio en la caña de azúcar ofrece múltiples beneficios como son: mejoramiento del Rendimiento Industrial, concentración uniforme de sacarosa en los tallos y otras propiedades favorables que incorpora, como lo indicara **Chaves (1999a)**. Se sabe además que el K es un elemento importante en las relaciones hídricas de las plantas, pues actúa en los mecanismos de evitación en condiciones de déficit hídrico (**Villalobos et al 1990**).

^{1/} Ingenieros Agrónomos. Director Ejecutivo y ^{2/} Coordinador Sección Este Región de Guanacaste. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Tel. 284-6066; E-mail: mchavez@laica.co.cr y aangulo@laica.co.cr. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, enero 2003.

Actualmente la fuente de K de mayor utilización en la caña de azúcar es el KCL, lo cual está relacionado con su fácil adquisición y su costo relativamente bajo. Sin embargo, con la aparición de nuevas fuentes comerciales opcionales de K, surge la necesidad de valorar sus características y efectividad sobre los rendimientos agroindustriales del cultivo; en especial cuando ese nutrimento se complementa con el N, lo que significa una gran ventaja técnica y económica para el sector cañero nacional.

En este sentido, el KNO₃ se presenta como una nueva alternativa técnica de uso factible para realizar la fertilización potásica de la caña de azúcar y a la vez, incorporar complementariamente el N, favoreciendo y contribuyendo con el reconocido sinergismo que ambos elementos poseen. Es por estas razones, que se evalúa la viabilidad técnico económica de emplear esa fuente e identificar a través de la investigación, una dosis de K₂O/ha proveniente de la combinación de KCL+KNO₃, que ofrezca una opción agroeconómica comercialmente accesible de ser utilizable en la producción de caña de azúcar.

OBJETIVO

Con el propósito de valorar desde la perspectiva técnica y productiva la respuesta agroindustrial de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) en las condiciones agroproductivas de Guanacaste, a la adición de cinco Dosis crecientes y dos Fuentes de potasio como base de la fertilización comercial del cultivo.

Se espera identificar la Dosis óptima y la mejor Fuente de K que permita maximizar la productividad de la caña de azúcar, elevando con ello los beneficios económicos implícitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el mes de julio del año 2000 en los terrenos del Colegio Universitario para el Riego y el Desarrollo del Trópico Seco (CURDTS), ubicado en el cantón de Cañas, provincia de Guanacaste, a una altitud de 10 msnm. Se cosecho la caña planta a los 9 meses y la primera soca (segundo corte) a la edad de 11 meses y medio.

Se utilizó un Diseño Experimental Factorial ordenado en Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. El tamaño de las parcelas (5 surcos) fue de 75 m², siendo la parcela útil de 45 m² constituida por los 3 surcos centrales de caña cuya, longitud fue de 10 m lineales cada uno.

El suelo del sitio experimental clasificado Taxonómicamente como Inceptisol, presentó las características químicas que se anotan en el Cuadro 1.

CUADRO 1
CONTENIDOS NUTRICIONALES DEL SUELO
EMPLEADO COMO SUBSTRATO.

pH	cmol (+) / l				ug / ml					MATERIA ORGÁNICA (%)
	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	
6,2	0,15	18,0	5,10	2,15	76	36	75	8	27	2,9

RELACIONES NUTRICIONALES ENTRE ELEMENTOS.

CICE (cmol (+) /l)	SATURACIÓN ACIDEZ (%)	Ca/Mg	Ca /K	Mg/K	<u>Ca + Mg</u> K
25,4	0,6	3,52	8,37	2,37	10,74

FUENTE: Las muestras de suelo fueron tomadas durante la siembra y los análisis fueron realizados en los laboratorios de CORBANA, empleando el MELICH 3 como extractor.

La fertilización base general aplicada a todos los tratamientos en este ciclo de retoño, exceptuando el testigo, fue de 150 kg/ha de N. Tanto el N como el K se aplicaron fraccionados de la siguiente manera (60%, 40% de N) y (40%, 60% de K), ambos entre las 5 y 10 semanas posteriores a efectuada la primera cosecha de la plantación, respectivamente. Las fuentes nutricionales utilizadas para fertilizar el experimento fueron: Urea (46% N), Nitrato de Potasio (44% K₂O y 14% de N) y Cloruro de Potasio (60% K₂O).

En cuanto al manejo agronómico del experimento el mismo consistió en el control oportuno de malezas, la respectiva fertilización básica fraccionada y la aplicación de riego cuando las demandas evapotranspirativas superaban a la precipitación (intervalo de riego aproximado cada 15 días).

Las dosis de potasio definidas en la evaluación experimental fueron: 0, 50, 100, 150 y 200 kg /ha de K₂O. Los tratamientos se ubicaron en dos grupos: a) aquellos (4) donde sólo se utilizó como fuente de K el KCl, y b) otros 4 tratamientos complementarios que consistieron en la combinación física de ambas fuentes, en las siguientes proporciones: 70% de KCl + 30% de KNO₃.

La variedad de caña de azúcar sembrada fue la CP 72-2086, la cual es actualmente la segunda más cultivada comercialmente en el país, donde representa el 11,9% del área total sembrada con caña, lo que la hace muy representativa y apropiada para el estudio. En el caso particular de Guanacaste, la variedad representa el 20,5% del total de la región (Chaves *et al* 2001).

En el Cuadro 2 se detallan los 9 tratamientos evaluados en la investigación de acuerdo con sus características.

CUADRO 2
TRATAMIENTOS ESTUDIADOS EN LA EVALUACIÓN DE 2 FUENTES
(KCl y KNO₃) Y 5 DOSIS DE K REALIZADA EN CAÑAS, GUANACASTE.

Dosis K ₂ O (kg/ha)	Dosis KCl *			Dosis KNO ₃ (30%) + KCl (70%)			
	Total	1 ^a (40%)	2 ^a (60%)	kg /ha			
					Total	1 ^a (40%)	2 ^a (60%)
0	0	0	0	0	0	0	0
50	83	33	50	KCl KNO ₃	58 34	23 14	35 20
100	166	66	100	KCl KNO ₃	117 68	47 27	70 41
150	250	100	150	KCl KNO ₃	175 102	70 41	105 61
200	333	133	200	KCl KNO ₃	233 136	93 54	140 82

* El fertilizante de los tratamientos se incorpora en dos aplicaciones.

Las variables evaluadas en esta ocasión fueron: Industriales y Productivas.

Las **Variables Industriales** correspondieron al resultado del análisis de una muestra de tallos efectuada durante la cosecha, a la cual se le valoró el contenido de Brix (%), Pol (%), Fibra (%) Caña, Pureza (%) y la Concentración de Sacarosa contenida en los tallos de caña, medida ésta en kilogramos de azúcar/tonelada de caña.

Como **Variables de Productividad Agroindustrial** se emplearon la Producción de Caña y la de Azúcar, valoradas ambas a través de las toneladas por hectárea generadas por cada tratamiento.

Además se calculó la Relación Caña/Azúcar, indicador importante que determina la cantidad de materia prima (caña) que debe procesarse para fabricar una tonelada de azúcar en el ingenio. Esta relación mide intrínsecamente el costo involucrado en ese proceso, valorando las consecuencias de tener que cortar, cargar, acomodar, transportar y procesar más materia prima para elaborar una tonelada de azúcar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Segunda Cosecha

Seguidamente se exponen los resultados correspondientes a la segunda cosecha del experimento, así como también se muestran los resultados promedio de los dos primeros cortes.

Análisis Estadístico

El Cuadro 3 expone el resultado del Análisis de Varianza (ANDEVA) efectuado a las variables agroindustriales evaluadas en el estudio durante la segunda cosecha o primera soca.

Tanto las variables de calidad industrial: Brix, Pol y Pureza como la Producción de Caña y Azúcar (t/ha), no presentaron por su parte diferencias estadísticas significativas para ninguno de esos factores evaluados; concluyendo por tanto, que los tratamientos (Fuentes, Dosis y su Interacción) no indujeron efecto alguno con grado probabilístico sobre esas variables que alcanzara nivel significativo.

El efecto de los tratamientos se manifestó y expresó con efecto estadísticamente significativo en el contenido de fibra (%) y el Rendimiento Industrial de los tratamientos al nivel de 8% y 10% de significancia estadística para las dosis, no así para la fuente y su interacción.

CUADRO 3.
CUADRADOS MEDIOS DE LAS VARIABLES AGROINDUSTRIALES EVALUADAS EN EL ESTUDIO DE FUENTES Y DOSIS DE K₂O EN CAÑAS GUANACASTE. SEGUNDA COSECHA.

Fuente de variación	G.L	Porcentaje				Rend. Indust. kg azúcar/t	Toneladas/ha	
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar
Repeticiones	3	1,67	1,89	4,16	0,53	108,95	216,75	0,85
Tratamientos	1	0,20	0,77	37,71	0,024	132,09	172,00	0,21
Fuentes	1	0,06	0,009	2,81	0,00	5,78	91,43	0,10
Dosis	3	1,49	1,93	2,65	0,77	81,65	148,16	1,07
Fuentes x Dosis	3	0,18	0,36	1,97	0,27	28,44	32,31	0,62
Error	24	0,87	0,93	4,63	0,30	35,06	203,93	1,65
Total	35	31,36	35,72	178,18	12,07	1636,65	6349,68	47,63
C.V. (%)		4,71	5,22	2,31	4,03	5,46	9,55	7,84
SIGNIFICANCIA								
Fuentes		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dosis		NS	NS	NS	8%	10%	NS	NS
Fuentes x Dosis		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

AS: Altamente significativo (1% de probabilidad estadística)

S: Significativo (5% de probabilidad estadística)

NS: Estadísticamente No Significativo

Variables Industriales

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la segunda cosecha de la plantación, se evidencio lo indicado en el Cuadro 4. El comportamiento en la calidad industrial de algunas variables de la caña de azúcar fue similar entre los tratamientos, al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas (α 0,05). En tanto que el porcentaje de fibra y el Rendimiento Industrial (kg azúcar/t) mostraron diferencias significativas en el ámbito de α 0,08 y α 0,10, respectivamente, para las dosis estudiadas.

Es importante mencionar que se observo una tendencia leve de superioridad en aquellos tratamientos donde se aplico la fertilización combinada (70% de KCl + 30% KNO₃); por ejemplo el contenido de Brix y Pol en caña se favorecieron con la adición de 100 kg K₂O/ha, mientras la pureza de los jugos mostró un comportamiento satisfactorio a la aplicación de 150 kg K₂O/ha (Tratamiento N° 8), ambos bajo la modalidad combinada de KCl + KNO₃. Sin embargo, la aplicación solo de KCl en la fertilización, mostró igualmente una consistencia aceptable en la calidad de los jugos obtenidos durante esta evaluación (Cuadro 4).

Se demuestra por segunda ocasión que utilizar la fertilización potásica en el cultivo favorece el Rendimiento Industrial de la caña. En esta ocasión el mejor tratamiento desde la perspectiva industrial fue aquel donde se aplico 100 kg K₂O/ha, a través de la combinación de fuentes (KCl + KNO₃) en el Tratamiento N° 7. Esta condición no evidencio diferencias significativas permisibles que afectaran la calidad de los jugos

(Brix, Pol, Pureza) a la aplicación Fuentes y Dosis de K. Sin embargo, se observa que el Rendimiento Industrial (kg azúcar/t) fue afectado levemente por las dosis de K.

Cabe señalar que los Tratamientos N° 2, 8, y 3 mostraron igualmente valores de Rendimiento Industrial muy satisfactorios durante la segunda cosecha del experimento. Por el contrario, la respuesta del testigo y la del Tratamiento N° 9 presentaron los menores índices de calidad, lo cual coincide con la opinión de **Henríquez et al (1990)**, donde menciona que, por lo general la respuesta a potasio en los cultivos esta dentro de un ámbito de tendencia, en esta ocasión para la caña de azúcar se ubica entre 50 y 150 kg K₂O/ha.

Cuadro 4.
Resultados de Productividad Agroindustrial para las Dosis y Fuentes de K
Evaluadas en el Estudio de Caña de Azúcar, Segundo Corte. Cañas,
Guanacaste 2002.

Tratamiento (N°)	Por ciento				Rendimiento Industrial kg Az/ha	t/ha		PRT (%)	RELACIÓN CAÑA/AZÚCAR
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
1	20,10	18,07	90,07	13,56	104,17	155,67	16,16	100,0	9,63
2	20,15	18,94	94,01	13,76	111,74	152,00	16,88	104,4	9,00
3	20,07	18,83	91,28	13,76	110,91	147,82	16,39	101,4	9,01
4	19,75	18,48	93,56	13,47	109,38	148,17	16,20	100,2	9,14
5	19,27	17,96	93,16	13,57	105,80	155,12	16,36	101,2	9,48
6	19,92	18,40	92,33	14,30	106,20	157,22	16,66	103,0	9,43
7	20,57	19,29	93,75	13,76	113,61	148,15	16,83	104,2	8,80
8	19,75	18,59	94,03	13,22	111,03	148,00	16,37	101,3	9,04
9	19,35	17,80	92,00	13,32	104,58	148,32	15,52	96,0	9,55
Promedio	19,88	18,48	92,68	13,64	108,60	151,16	16,37	101,3	9,23
CV (%)	4,71	5,22	2,31	4,03	5,46	9,55	7,84	-	-

* El testigo corresponde al Tratamiento No. 1
Cada valor es el promedio de 4 repeticiones

En el Cuadro 5 se aprecia una enorme similitud entre los valores promedio general de las dos fuentes de K estudiadas (KCl vs KCl + KNO₃), en lo que a calidad industrial se refiere, verificándose una muy leve y poco relevante diferencia de 0,85 kg favorable hacia el KCl. Ambas fuentes si mostraron una diferencia importante respecto al testigo en el Rendimiento Industrial, la cual fue en promedio de 6,1 kg de azúcar equivalente al 5,92%.

En el caso de las dosis (obviando la fuente), como ya se anoto, el uso de 100 kg de K₂O/ha revela ser la más eficiente al superar al testigo en rendimiento de sacarosa en 9,32 kg/t, lo que equivale a un 9,1%. La dosis de 200 kg fue en contrapartida la más limitada aunque siempre superior al testigo en 1,8 kg/t (1,7%), lo que implico que todas las dosis de K superaron al testigo en grado variable.

4.1.3 Producción de Caña y Azúcar

Con relación al efecto de los tratamientos estudiado sobre la producción de caña y azúcar (Cuadro 4), se encontró que la mayor producción de caña/ha se favoreció con la aplicación de 50 kg K_2O /ha en la modalidad combinada de fuentes (Tratamiento N° 6), al producir 1,0 % más de caña/ha que el testigo de referencia. También se encontró una producción de caña aceptable en el Tratamiento N° 5, pero que estadísticamente no mostró diferencias significativas con el resto de tratamientos.

En general la mayoría de tratamientos evaluados en ese ciclo vegetativo, una respuesta positiva a la adición de K al suelo, independientemente de la fuente y dosis empleada, como lo revela en Cuadro 5.

De acuerdo con los resultados que se muestran en el Cuadro 4, la mejor respuesta en producción azúcar/ha se obtuvo con la aplicación de 50 kg K_2O /ha con la fuente de KCl (Tratamiento N° 2), el cual logro superar al testigo (Tratamiento N° 1) en un 4,5% más de azúcar/ha, seguido el mismo con los Tratamientos N° 7 y N° 6, los cuales presentaron valores de producción también satisfactorios. Pese a la buena respuesta en Rendimiento Industrial que mostró el Tratamiento N° 7, este no alcanzó al final la máxima productividad de azúcar/ha, debido a la merma obtenida en la producción de caña/ha.

Todos los tratamientos expresados individualmente o integralmente en las fuentes y dosis de K, superaron al testigo sin K, exceptuando la mezcla de KCl + KNO_3 en la dosis de 200 kg de K_2O /ha.

Con base en los resultados obtenidos, en el estudio se encontró un índice de producción de caña y azúcar/ha muy superior en este ciclo respecto al anterior, lo que muestra una tendencia de respuesta positiva a la fertilización potásica en la caña de azúcar con el tiempo como se evidencio durante esta evaluación, donde el rendimiento industrial y la productividad agroindustrial mejoro significativamente entre los tratamientos. Una posible explicación a este comportamiento es porque la caña de azúcar durante ese ciclo (soca) completa su ciclo vegetativo expresando así su potencial genético; también es probable que las reservas de K en el suelo disminuyan, lo que acentúa las diferencias entre tratamientos estudiados.

La Relación Caña/Azúcar es un indicador permite valorar la cantidad de caña que es necesario procesar (moler) para fabricar una tonelada de azúcar, por lo que entre menor sea el valor de la misma, más eficiente resulta en el tratamiento. En esta evaluación el tratamiento donde se adiciono 100 kg de K_2O /ha a través de la mezcla de fuentes obtuvo el mejor índice; el cual a su vez refleja parcialmente el costo intrínseco e implícito que implica cortar, cargar, transportar y procesar una tonelada de caña para elaborar la misma cantidad de azúcar.

En forma similar a la evaluación anterior, el uso de KCl resultó ser más eficiente que la mezcla KCl + KNO_3 en lo que se refiere a esta relación. Asimismo, las dosis de 50 y 100 kg superaron al resto de tratamientos evaluados incluyendo al Testigo, como se observa en el Cuadro 4. Desde una perspectiva económica pareciera de acuerdo con los

resultados que el empleo de una dosis de 50 kg de K₂O/ha utilizando el KCl, podría mostrar una rentabilidad aceptable.

CUADRO 5.
VARIABLES AGROINDUSTRIALES EVALUADAS EN EL ESTUDIO DE DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE K₂O. SEGUNDO CORTE. CAÑAS, GUANACASTE, 2002.

Tratamientos		Porcentaje				Rendim. Indust. kg Azúcar/t	Toneladas/ha		Relación Caña / Azúcar	PRT (%)
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
TESTIGO		20,10	18,07	90,07	13,56	102,94	155,67	16,16	9,63	100,0
Fuentes	KCl	19,81	18,55	93,62	13,64	109,46	147,03	16,46	8,93	101,8
	KCl + KNO ₃	19,90	18,52	93,03	13,65	108,61	150,41	16,35	9,19	101,2
Dosis kg/ha	50	20,03	18,67	93,17	14,03	108,97	154,58	16,77	9,21	103,8
	100	20,32	19,06	93,77	13,76	112,26	147,98	16,61	8,90	102,8
	150	19,75	18,53	93,79	13,34	110,20	148,08	16,29	9,09	100,8
	200	19,31	17,88	92,58	13,45	104,69	144,22	15,94	9,04	98,6

Los valores del tratamiento Testigo se anotan sólo como referencia comparativa y no afectan el análisis estadístico de medias.

No hubo diferencia para ninguna variable en la prueba de medias según prueba de Tuckey 5%.

PROMEDIO DE DOS COSECHAS

Por su naturaleza semiperenne, el cultivo de la caña de azúcar requiere ser necesariamente evaluado en cortes sucesivos que incorporen representatividad a las inferencias y conclusiones que se generen en el área experimental, motivo por el cual seguidamente se exponen los resultados obtenidos como promedio de las dos cosechas anteriores.

Análisis Estadístico

El Cuadro 6 presenta los valores del Análisis de Varianza (ANDEVA) correspondientes al de dos cortes, efectuado a las variables agroindustriales del experimento.

En general la mayoría de variables evaluadas no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Fuentes, Dosis e Interacción). Pese a lo cual, las variables Brix (%) Rendimiento Industrial (kg azúcar/t) mostraron significancia estadística en el ámbito del 6% al 8% para el Factor dosis de K, respectivamente.

CUADRO 6.
CUADRADOS MEDIOS DE LAS VARIABLES AGROINDUSTRIALES EVALUADAS EN
EL ESTUDIO DE FUENTES Y DOSIS DE K₂O. CAÑAS, GUANACASTE. PROMEDIO DE
DOS COSECHAS.

Fuente de variación	G.L.	Porcentaje				Rend. Industrial kg azúcar/t	Toneladas/ha	
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar
Repeticiones	3	1,15	2,00	12,20	1,28	75,58	609,69	3,40
Tratamientos	1	1,22	0,06	0,95	0,01	4,34	60,06	0,56
Fuentes	1	0,37	0,20	0,32	0,00	31,62	0,06	1,23
Dosis	3	1,17	1,26	1,53	0,47	48,92	176,35	2,53
Fuentes x Dosis	3	0,39	0,43	2,79	0,00	16,72	240,18	1,37
Error	24	0,42	0,57	5,56	0,25	19,68	124,80	1,40
Total	35	19,93	25,26	184,56	11,52	926,00	6133,93	57,51
C.V. %		3,37	4,42	2,64	3,61	4,53	7,96	8,54
SIGNIFICANCIA								
Fuentes		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dosis		6%	NS	NS	NS	8%	NS	NS
Fuentes x Dosis		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

AS: Altamente significativo (1% de probabilidad estadística)

S: Significativo (5% de probabilidad estadística)

NS: Estadísticamente No Significativo

Con respecto al promedio de los cortes (Cuadro 7), los resultados obtenidos muestran claramente una tendencia de comportamiento favorable a la aplicación combinada de fuentes de K (KCl + KNO₃), lo cual está ligado principalmente con el Tratamiento N° 6 (50 kg K₂O/ha) en la modalidad combinada de fuentes.

Cuadro 7.
Resultados Industriales y de Productividad para las Dosis y Fuentes de K Evaluadas en el Cultivo
de Caña de Azúcar. Promedio de Dos Cortes Cañas, Guanacaste 2000/2002.

Tratamiento (N°)	Porcentaje				Rendimiento Industrial kg Az/ha	t/ha		PRT %	RELACIÓN CAÑA/ AZÚCAR
	Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
1 (Testigo)	19,78	17,31	88,83	14,14	98,48	143,81	14,23	100,0	10,1
2	19,68	17,69	89,89	14,37	100,44	138,90	14,01	98,5	9,9
3	19,03	16,95	88,46	14,11	95,20	137,26	13,20	92,8	10,4
4	18,72	16,96	89,92	13,80	96,54	138,80	13,56	95,3	10,2
5	18,89	16,78	89,42	14,02	94,53	144,51	13,57	96,8	10,6
6	19,59	17,50	90,07	14,34	99,84	153,17	15,32	107,6	9,9
7	19,66	17,61	89,68	14,19	99,65	139,91	14,05	98,7	9,9
8	19,28	17,40	90,84	13,76	100,90	130,65	13,35	93,8	9,7
9	18,65	16,50	88,82	13,97	94,09	135,40	13,38	94,0	10,1
Promedio	19,22	16,85	89,54	14,07	97,74	140,26	13,87	97,5	10,1
CV (%)	3,77	4,42	2,64	3,61	4,53	7,96	8,54	-	-

Cada valor es el promedio de 4 repeticiones.

PRT: Diferencia porcentual de los tratamientos en las toneladas de azúcar/ha con respecto al Testigo.

Cuando se relaciona el promedio de las dos evaluaciones de campo realizadas con las variables de estudio, se encontró que en general todos los tratamientos donde se aplicó K, fueron superados por el testigo en cuanto a producción de azúcar/ha, con excepción del Tratamiento N° 6, el cual mostró índices de producción de azúcar superiores, que superaron ampliamente al Tratamiento Testigo en un 7,6% más de azúcar/ha, lo que implicó una producción de 1,09 t más de azúcar/ha.

A pesar de lo anterior los tratamientos que muestran la fertilización con KCl superaron en promedio un 1,9% más en producción de azúcar/ha, comparados con aquellos donde solo se aplicó la mezcla como fuente de K la cual fue de 1,2%, como lo revela el Cuadro 8.

Es importante mencionar que el elevado índice de productividad de azúcar/ha alcanzado por el Tratamiento N° 6, está vinculado principalmente con la excelente producción de caña/ha registrada durante esta evaluación y menos con la concentración de sacarosa alcanzada.

CUADRO 8.
Variables Agroindustriales Evaluadas en el Estudio de Fuentes y Dosis de K₂O.
Promedio de Dos Cortes. Cañas, Guanacaste.

Tratamientos		Porcentaje				Rendim. Indust. kg azúcar/t	Toneladas/ha		Relación Caña / Azúcar	PRT (%)
		Brix	Pol	Pureza	Fibra		Caña	Azúcar		
TESTIGO		20,10	18,07	90,07	13,56	102,94	155,67	16,16	9,6	100,0
Fuentes	KCl	19,81	18,55	93,62	13,64	109,46	147,03	16,46	8,9	101,8
	KCl + KNO ₃	19,90	18,52	93,03	13,65	108,61	150,41	16,35	9,2	101,2
Dosis kg/ha	50	20,03	18,67	93,17	14,03	108,97	154,58	16,77	9,2	103,8
	100	20,32	19,06	93,77	13,76	112,26	147,98	16,61	8,9	102,8
	150	19,75	18,53	93,79	13,34	110,20	148,08	16,29	9,1	100,8
	200	19,31	17,88	92,58	13,45	104,69	144,22	15,94	9,0	98,6

Los valores del tratamiento Testigo se anotan sólo como referencia comparativa y no afectan el análisis de medias.

No hubo significancia estadística para ninguna variable en la prueba de medias según prueba de Tuckey 5%.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en las dos evaluaciones realizadas es factible concluir lo siguiente:

- a) Estadísticamente no se encontró significancia para las Fuentes y Dosis de K (α 0,05) evaluadas en el experimento; sin embargo, para un (α 0,08 y 0,10) se encontró un efecto significativo leve en las variables Fibra (%), Caña y Rendimiento Industrial (kg azúcar/t), respectivamente. La interacción Fuente x Dosis no evidenció influencia alguna con carácter estadístico.

- b) De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda cosecha se infiere que la mejor dosis de respuesta de la caña de azúcar, varia en el rango entre 50 y 150 kg K₂O/ha; por lo cual, es un hecho demostrable que la relación técnico económica sea más favorable para una dosis próxima a 50 kg K₂O/ha.
- c) Se evidencia por segunda ocasión una respuesta satisfactoria a la fertilización combinada de fuentes KCl + KNO₃ en el cultivo, ya que la mayoría de los tratamientos evaluados con excepción del N° 9, superaron al Tratamiento Testigo sin aplicación de K. Pese a la respuesta favorable de la fertilización combinada, los tratamientos donde solo se aplico KCl mostraron excelente comportamiento agroindustrial.
- d) En forma similar la mayor producción de caña y azúcar/ha se logró con los tratamientos donde se utilizo como fuente de K el KCl solo y la mezcla KCl + KNO₃, superando ambos en 4,3% TM de azúcar/ha al Testigo de referencia.
- e) Para la segunda cosecha y en las condiciones del sitio experimental utilizado, el mejor tratamiento desde la perspectiva agro económica fue la aplicación de 50 kg/ha K₂O de la fuente (KCL), seguida por el Tratamiento N° 7 que utilizó la combinación de (KCl + KNO₃), logrando superar con ello al testigo en un 4,4 % y 4,2% en toneladas azúcar /ha, respectivamente.
- f) El análisis promedio de dos cosechas refleja un comportamiento favorable al Tratamiento Testigo, el cual supero ampliamente en la producción de azúcar/ha a la mayoría de tratamientos evaluados; sin embargo, el Tratamiento N° 6 (50 kg K₂O/ha de KCl +KNO₃) resulto ser el mejor en esta evaluación, ya que obtuvo el mayor índice de productividad (t azúcar/ha) al alcanzar un 7,6% mas que el Tratamiento Testigo.
- g) Se estima que el comportamiento satisfactorio del Tratamiento Testigo en este experimento, esta relacionado básicamente a un efecto acumulado del ciclo vegetativo anterior, que pudo incidir en forma determinante sobre la respuesta productiva en el promedio de las dos evaluaciones. Sin embargo, es importante mencionar el excelente comportamiento agroindustrial mostrado por este tratamiento durante la segunda evaluación.
- h) Cosechas posteriores permitirán dilucidar cuál de las Fuentes y Dosis evaluadas mantiene una mayor viabilidad de uso comercial.

LITERATURA CITADA

- 1) CHAVES SOLERA, MA. 1999a. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA – DIECA, Setiembre. 130 p.
- 2) CHAVES, M. 1999b. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. *In:* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p:193-214.

- 3) CHAVES, M; RODRÍGUEZ, M; ANGULO, A. 1999. Fertilización de las Plantaciones Comerciales de Caña de Azúcar en la Región de Guanacaste. *In:* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p:339.
- 4) CHAVES S., M.; BARRANTES M., J.C.; VILLALOBOS M., C.; ANGULO M., A.; RODRÍGUEZ R., M.; CALDERÓN A., G.; RODRÍGUEZ F., J.M.; ALFARO P., R. 2001a. Estimación del Área Sembrada con Caña de Azúcar en Costa Rica Durante el Año 2000, Según Región Productora. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 126 p.
- 5) CHAVES S., M.; RODRÍGUEZ R., M.; VILLALOBOS M., C.; ANGULO M., A.; CALDERÓN A., G.; ALFARO P., R.; RODRÍGUEZ F., J.M.; BARRANTES M., J.C. 2001b. Censo de Variedades de Caña de Azúcar de Costa Rica Año 2000. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, marzo. 87 p.
- 6) HENRIQUEZ, C; BERSCH, F; CABALCETA, G. 1990. Efecto de la Variación del K Disponible en el Suelo Sobre la Absorción de Ca, Mg y K y sus Interacciones Foliare. *Agronomía Costarricense* 14 (2):223-230.
- 7) VILLALOBOS *et al.* 1990. Estrés Hídrico en Cultivos Tropicales. San José, Universidad de Costa Rica. 20 p.