

## Respuesta productiva de la caña de azúcar (*Saccharum spp*), a la interacción de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la Región de Guanacaste. Promedio de dos cosechas.

Manuel Rodríguez Rodríguez<sup>1</sup>  
Roberto Alfaro Portugal<sup>2</sup>  
Randall Ocampo Chinchilla<sup>3</sup>

### Resumen.

La caña de azúcar en nuestro país, se encuentra distribuida en una amplia variedad de suelos, con fertilidad en algunos casos muy deficiente, es por ellos, que la fertilización, desempeña un papel fundamental, para alcanzar altos rendimientos agroindustriales, y sea un proyecto rentable donde se desarrolle. Dos elementos indispensables en la caña de azúcar para lograr los altos rendimientos agroindustriales son (ente otros), el nitrógeno y el potasio, el primero por ser responsable directo de producir materia verde y el segundo por intervenir en el transporte y almacenamiento de la sacarosa. Conocer, las respuestas productivas de estos nutrimentos y sus interacciones adecuadas en cada orden de suelo donde se cultiva la caña, solo se puede lograr por medio de la investigación en este campo. La presente investigación tiene como objetivo determinar las mejores dosis de nitrógeno y potasio, y de sus interacciones, en el mejoramiento agroindustrial productivo del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*). Se estableció, en la provincia de Guanacaste, en el cantón de Carrillo, distrito de Filadelfia, en las Coordenadas Geográficas 10° 28' 03" Latitud Norte y 85° 34' 03" Longitud Oeste, a una altitud de 32 msnm. El promedio anual de precipitación de la zona es de aproximadamente, 1.400 mm, con una temperatura media anual de 27,5 °C. Para su establecimiento, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada parcela experimental está constituida de 5 surcos de 7 metros de largo, sembrados a una distancia entre surco de 1.5 metros entre sí, para una área total por parcela de 52.5 m<sup>2</sup>, la cual será evaluada y cosechada en su totalidad. La variedad establecida fue la SP 81-3250, de gran importancia en la región. Al momento de la siembra, se adicionó al fondo del surco, el fertilizante, 10 – 50 – 0, a una dosis de 300 kg/ha, para suplir al cultivo el equivalente a 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, al utilizar esta fórmula se suplieron 30 kg/ha de nitrógeno, esta cantidad se tomó en consideración, como parte de la dosis por lo que el nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones (a la siembra, 60 días después de siembra y 120 días después de la siembra), para caña planta; mientras que para la soca se fraccionó en 2

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA. Coordinador Región Guanacaste. Tel. (506) 24-94-11-29/24-94-75-55. E-mail: mrodriguez@laica.co.cr.

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA. Jefe de Programa Agronomía. Tel. (506) 24-94-11-29/24-94-75-55. E-mail: ralfaro@laica.co.cr.

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA. Asistente Programa Agronomía. Tel. (506) 24-94-11-29/24-94-75-55. E-mail: rocampo@laica.co.cr.

aplicaciones, (60 y 120 días después de la cosecha respectivamente). Por otra parte, la dosis de potasio se fraccionó, en 2 aplicaciones, tanto para caña planta, como en las socas sucesivas, realizadas a los 60 y 120 días, después de siembra o cosecha según sea el caso (caña planta o soca). Para la fuente de nitrógeno, se aplicó NUTRAN (nitrato de amonio 33.5%), y para el suministro de potasio, se utilizó como fuente cloruro de potasio. De acuerdo a los resultados agroindustriales, obtenidos en caña planta (primera cosecha), la mejor interacción entre estos nutrimentos fue de 100 kg N + 150 kg de K<sub>2</sub>O, para un incremento en la producción de 13 t azúcar por hectárea, comparado con el tratamiento testigo que fue de 11 t de azúcar / ha. Para la condición de primera soca (segunda cosecha), la respuesta productiva fue de 150 kg N + 150 kg de K<sub>2</sub>O de 4,4 t azúcar/ha superior al tratamiento testigo sin nitrógeno y potasio. Finalmente, cuando se analizan los resultados industriales, de las interacciones de nitrógeno y potasio, para los dos años en estudio 2017 y 2018 (caña planta y primera soca), el mejor tratamiento correspondió a la interacción de 150 kg / ha de nitrógeno y 150 kg /ha de potasio, con 15 t azúcar / ha, respecto al testigo (sin fertilización), la respuesta industrial fue de 12 t azúcar / ha, lo que demuestra de manera excelente, la acción benéfica del potasio en asocio con el nitrógeno a la hora de fertilizar el cultivo.

## Introducción.

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*), establecido en nuestro país, se encuentra ubicado en una gran variabilidad de órdenes de suelos, y así con ello también una amplia diversidad en las condiciones nutricionales, las cuales en la mayoría de los casos, son insuficientes para sustentar altos y constantes rendimientos en la caña de azúcar. Sumado a esto, se presentan grandes extracciones de nutrientes por parte del cultivo, así como malas prácticas agrícolas que han empeorado año con año, como es el caso de adicionar solo un determinado elemento nutricional, y en algunos casos en bajas dosis.

Diversos aspectos deben ser considerados, al momento de fertilizar, según Romero et al 2004, algunos de ellos, el clima (luz, temperatura, radiación, precipitación), la condición nutricional del suelo, y sus características físicas químicas, la variedad a utilizar, el manejo del cultivo, entre otros aspectos. Conocer la función y funcionabilidad, de cada elemento, así como su orden de necesidad (grado de extracción del suelo), beneficia en gran medida, según Chaves 1986, la mayor extracción en el suelo se produce con el potasio, 2 kg de K<sub>2</sub>O, son necesarios para producir 1 t de caña, mientras en el caso del nitrógeno se requiere 1 a 1.3 kg de N, para producir 1 t de

caña, con respecto al fósforo 0,5 k de P, se remueven del suelo para producir 1 t de caña. También se comenta que existen altas extracciones de Ca y Mg en el suelo por parte de la caña. Un orden de extracción de estos elementos es el siguiente,  $K > N > Ca > P$ .

Quintero 1995, comenta, respecto al nitrógeno, que el componente esencial de las células vivas en plantas jóvenes en estado de crecimiento, que se absorbe por las raíces y hojas, en forma de nitritos ( $NO_2^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ), y que dentro de la planta se reduce y transforma en carbohidratos y proteínas, es el responsable del color verde de las plantas esto por formar parte esencial de la clorofila. A su vez, Chaves 1999, menciona que el nitrógeno se encuentra en el suelo en un 98 %, en forma orgánica y un 2 %, en forma inorgánica, representada por iones amonio ( $NH_4^+$ ), amoniaco ( $NO_3$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2^-$ ), óxido nítrico (NO), y nitrito ( $NO_2^-$ ). El nitrógeno es asociado siempre por aumentos en el tonelaje por hectárea de la caña y por ende al desarrollo de los tallos y al color verde de las hojas. También sus aplicaciones próximas a la cosecha de la caña, afecta la maduración de la caña, puesto que la calidad de los jugos se ven afectados, aumentándose los azúcares reductores (glucosa y fructuosa), originando con ello la disminución en los contenidos de sacarosa. Chaves 1999, comenta que el nitrógeno, forma parte de las estructuras de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), y de los citocromos, y que forma parte directa en el desarrollo del cultivo, y de mantener una relación sinérgica con el potasio, favoreciendo o impidiendo su accionar, lo cual se refleja en los resultados agroindustriales que se obtengan.

Con respecto al potasio, se asocia siempre positivamente con la madurez de la caña. Según Gersson 2014, la disponibilidad del potasio, depende del grado de facilidad con que la planta pueda obtenerlo, lo que significa que debe de estar disuelto como ion potasio ( $K^+$ ) en la solución del suelo. También, comenta que al efectuar la cosecha de la caña, estamos extrayendo el potasio del suelo y que debe ser devuelto a través de la fertilización para no disminuir la fertilidad de los mismos. Lazcano 2005, comenta que el potasio, es muy importante como catalizador dentro del metabolismo de la planta, y está presente donde se producen transferencias, de energía, participa

en la formación y neutralización, de los ácidos orgánicos, y además de tener un papel importante en el balance entre la formación, acumulación y consumo de azúcares durante el desarrollo vegetativo.

La presente investigación tiene como objetivo determinar las mejores dosis del nitrógeno y potasio, y de sus interacciones, en el mejoramiento agroindustrial productivo del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*).

### **Materiales y Métodos.**

La presente investigación se encuentra establecida, en Finca Los Jocotes, propiedad del productor, Ing. Agr. Daniel Gamboa Zúñiga, ubicada en el Distrito de Filadelfia, Cantón Carrillo de Guanacaste, en las Coordenadas Geográficas 10° 28' 03" Latitud Norte y 85° 34' 03" Longitud Oeste, a una altitud de 32 msnm. El promedio anual de precipitación de la zona es de aproximadamente, 1.400 mm, con una temperatura media anual de 27,5 °C. El establecimiento de la investigación se realizó, el 23 de junio del 2016, y su cosecha fue en el mes de 20 de febrero del 2017, con una edad cronológica del cultivo de 8 meses. Con respecto a la cosecha de la caña soca (segundo corte), se efectuó, el 23 de enero del 2018, con una edad cronológica del cultivo de 11 meses. La variedad establecida fue la SP 81-3250, de gran importancia en la región.

Para el establecimiento, de la investigación, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques o repeticiones, fue de 3 m entre sí y de 2 m entre parcelas. Cada parcela experimental está constituida de 5 surcos de 7 metros de largo, sembrados a una distancia entre surco de 1.5 metros entre sí, para una área total por parcela de 52.5 m<sup>2</sup>, la cual será evaluada y cosechada en su totalidad.

Al momento de la siembra, se adicionó al fondo del surco, el fertilizante, 10 – 50 – 0, a una dosis de 300 kg/ha, para suplir al cultivo el equivalente a 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, al utilizar esta fórmula se suplieron 30 kg/ha de nitrógeno, esta cantidad se tomó en consideración, como parte de la

dosis por lo que el nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones ( al momento de la siembra, a los 60 y 120 días después de la siembra), para caña planta; mientras que para la soca se fraccionó en 2 aplicaciones, (60 y 120 días después de la cosecha respectivamente). Por otra parte, la dosis de potasio se fraccionó, en 2 aplicaciones, tanto para caña planta, como en las socas sucesivas, realizadas a los 60 y 120 días, después de siembra o cosecha según sea el caso (caña planta o soca). Para la fuente de nitrógeno, se aplicó NUTRAN (nitrato de amonio 33.5%), y para el suministro de potasio, se utilizó cloruro de potasio (60 %  $K_2O$ ). El detalle de los tratamientos, se presenta en el cuadro 1.

**Cuadro 1.**  
**Tratamientos utilizados en la evaluación de la interacción**  
**de nitrógeno y potasio en la Región de Guanacaste.**

# tratamientos	Kg / ha Nitrógeno	Kg / ha Potasio
1	0	0
2	0	100
3	0	150
4	0	200
5	50	0
6	50	100
7	50	150
8	50	200
9	100	0
10	100	100
11	100	150
12	100	200
13	150	0
14	150	100
15	150	150
16	150	200

El tipo de suelo donde se estableció la investigación, pertenece al orden Mollisol – Inceptisol, según Chaves, M. y Chavarría E. (2017) , cuya composición química inicial, para los estratos de



0-20 cm, 20-40 y 40-50 cm de profundidad, se presentan en el cuadro 2, donde se observa una baja acidez, acentuándose en los primeros 20 cm de profundidad, con respecto, a los contenidos de Ca, Mg, K, P, Zn, Mn, Cu, y Fe, se encuentran dentro del rango óptimo. Con respecto a las relaciones catiónicas, del suelo, como lo son Ca / Mg, Ca / K, Mg / K, Ca+Mg / K, se encuentran dentro del valor óptimo deseado, provocando una relación adecuada entre los nutrientes, según cuadro 3.

**Cuadro 2.**  
**Análisis químico del suelo utilizado en el experimento.**

Profundidad	pH	Acidez	cmoles / l			mg / l				
			Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
0 - 20cm	5,6	0,25	3,5	0,6	0,48	17	0,9	9	5	74
20 - 40 cm	6,7	0,1	6,2	1,7	0,18	14	0,7	4	3	26
40 - 50 cm	5,7	0,1	5,0	1,0	0,17	15,0	0,5	6,0	5,0	48,0
optimo	10 -50	0,3	4 - 20	1 - 10	0,2 - 1,5	10 - 40	3 - 15	5 - 50	1 - 20	10 - 50

**Cuadro 3.**  
**Resultado de las relaciones catiónicas del suelo, donde se ubica, la investigación.**

Relaciones	Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	Ca+Mg / K
Valores	4,45	17,5	3,92	21,42
Optimo	2 - 5	5 - 25	2,5 - 15	10 - 40

### Resultados y Discusión.

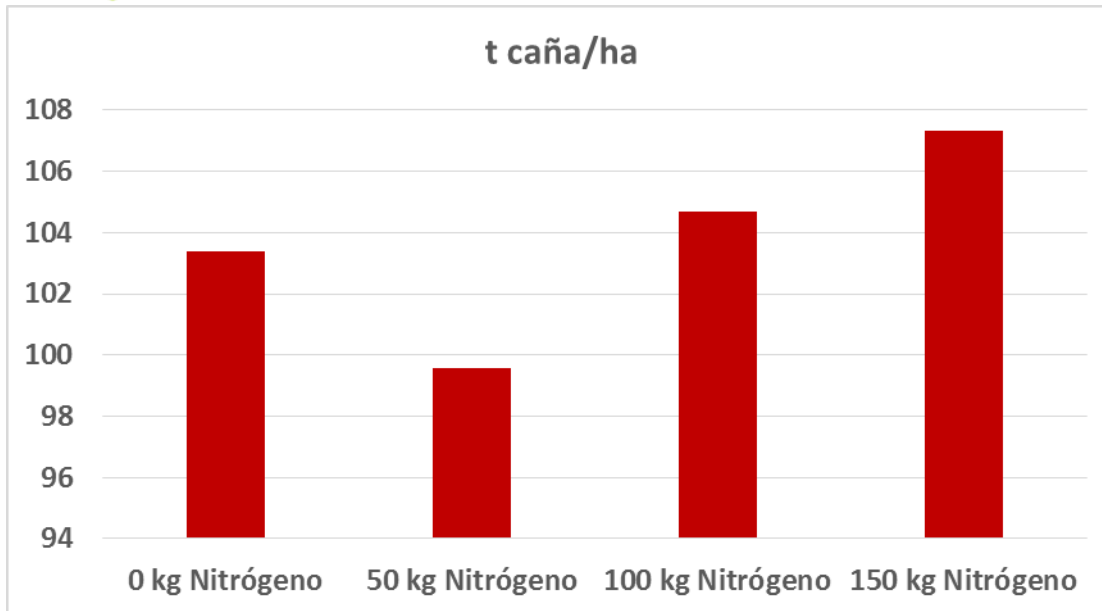
En el cuadro 4, se presenta el resultado del análisis de varianza, de la primera cosecha efectuada en este estudio. De acuerdo con los resultados obtenidos, el nitrógeno, presentó diferencias significativas, en todas las variables industriales, con excepción del porcentaje de fibra y producción de azúcar (t /ha). Con respecto a la producción de caña (t/ha), el mejor tratamiento fue con 150 kg N, y en la producción de azúcar (t/ha), el tratamientos con 100 kg/ha de nitrógeno, expresó los mejores resultados, aunque con poca diferencia respecto al tratamiento testigo sin nitrógeno. Tal y como se expresa en la figura 1



**Cuadro 4.**  
**Análisis de varianza realizado a las variables agroindustriales de la primera cosecha del estudio.**

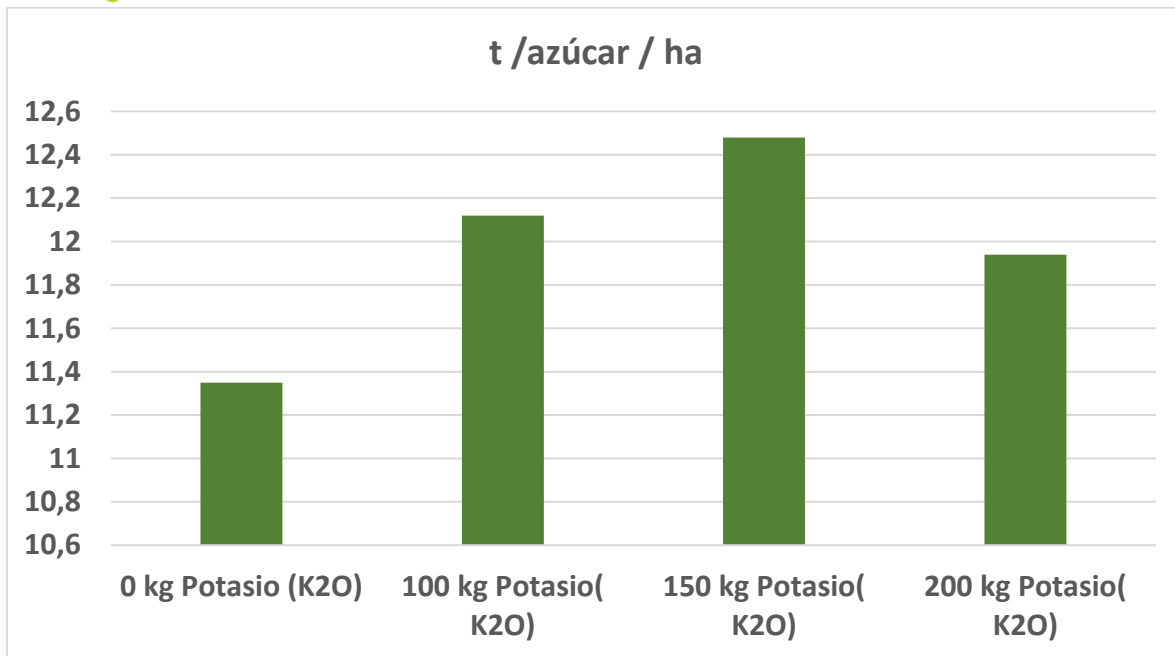
ANDEVA		% Brix		% Pol		% Pureza		% Fibra		Rend.Ind		t caña /ha		t az/ha	
Fuente variación	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Repeticiones	2	4,18	0	5,14	0	8,51	0,09	4,68	0	157,3	0,05	12,33	1	2,92	0,07
Nitrogeno(A)	3	1,67	0,03	3,01	0,02	12,68	0,02	0,54	1	185,46	0,02	123,52	0,05	0,63	1
Potasio(B)	3	0,45	1	1,34	0,19	9,89	0,05	0,66	0,36	88,40	0,15	61,20	0,25	2,65	0,07
Interacción N*K	9	0,72	0,21	0,88	0,38	2,14	1	0,45	1	42,72	1	27,71	1	0,69	1
Error	30	0,49		0,79		3,31		0,59		46,65		42,67		1,01	
Total	47	35,99		54,89		203,14		34,75		2.920,06		2.108,15		52,25	
% CV		3,78		5,6		2,13		5,76		5,92		6,3		8,41	
Dosis / ha		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
0 kg Nitrogeno		18,82	a	16,15	a	85,8	a	13,53		117,48	a	103,4	ab	12,15	
50 kg Nitrogeno		18,74	ab	16,11	a	85,91	a	13,22		118,24	a	99,59	b	11,76	
100 kg Nitrogeno		18,74	ab	16,03	ab	85,42	ab	13,49		116,43	ab	104,67	ab	12,19	
150 kg Nitrogeno		18,03	b	15,1	b	83,7	b	13,09		109,66	b	107,31	a	11,79	
Dosis / ha		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
0 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		18,36		15,43		83,97	b	13,3		111,68		101,8		11,35	a
100 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		18,52		15,79		85,18	ab	13,23		115,3		105,29		12,12	a
150 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		18,82		16,23		86,1	a	13,67		117,7		106,07		12,48	a
200 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		18,63		15,96		85,58	ab	13,14		117,13		101,81		11,94	a
Interacción (kg/ha)		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
0 N, 0 K <sub>2</sub> O		18,87		15,95		84,51		13,67		114,72		100,25		11,46	
0 N, 100 K <sub>2</sub> O		18,5		15,84		85,59		13,3		115,76		104,43		12,1	
0 N, 150 K <sub>2</sub> O		19,11		16,59		86,77		14,06		119,7		102,41		12,27	
0 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,79		16,22		86,33		13,11		119,73		106,53		12,76	
50 N, 0 K <sub>2</sub> O		18,5		15,64		84,53		12,7		115,42		98,02		11,31	
50 N, 100 K <sub>2</sub> O		19,03		16,41		86,18		13,7		119,11		100,31		11,94	
50 N, 150 K <sub>2</sub> O		18,54		16,01		86,32		13,31		117,54		102,09		11,94	
50 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,9		16,39		86,61		13,18		120,9		97,96		11,86	
100 N, 0 K <sub>2</sub> O		17,71		14,68		82,86		13,26		105,58		104,44		11,03	
100 N, 100 K <sub>2</sub> O		19,16		16,39		85,54		13,26		119,9		105,32		12,6	
100 N, 150 K <sub>2</sub> O		19,3		16,82		87,02		13,85		121,97		106,78		13,05	
100 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,8		16,23		86,28		13,57		118,27		102,15		12,09	
150 N, 0 K <sub>2</sub> O		18,37		15,44		83,98		13,57		111,01		104,5		11,6	
150 N, 100 K <sub>2</sub> O		17,37		14,5		83,41		12,64		106,43		111,1		11,85	
150 N, 150 K <sub>2</sub> O		18,35		15,48		84,29		13,45		111,59		113		12,64	
150 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,01		14,98		83,11		12,69		109,62		100,62		11,05	

Valores con igual letra no presentan diferencias estadísticas entre sí, según Tukey 5%.



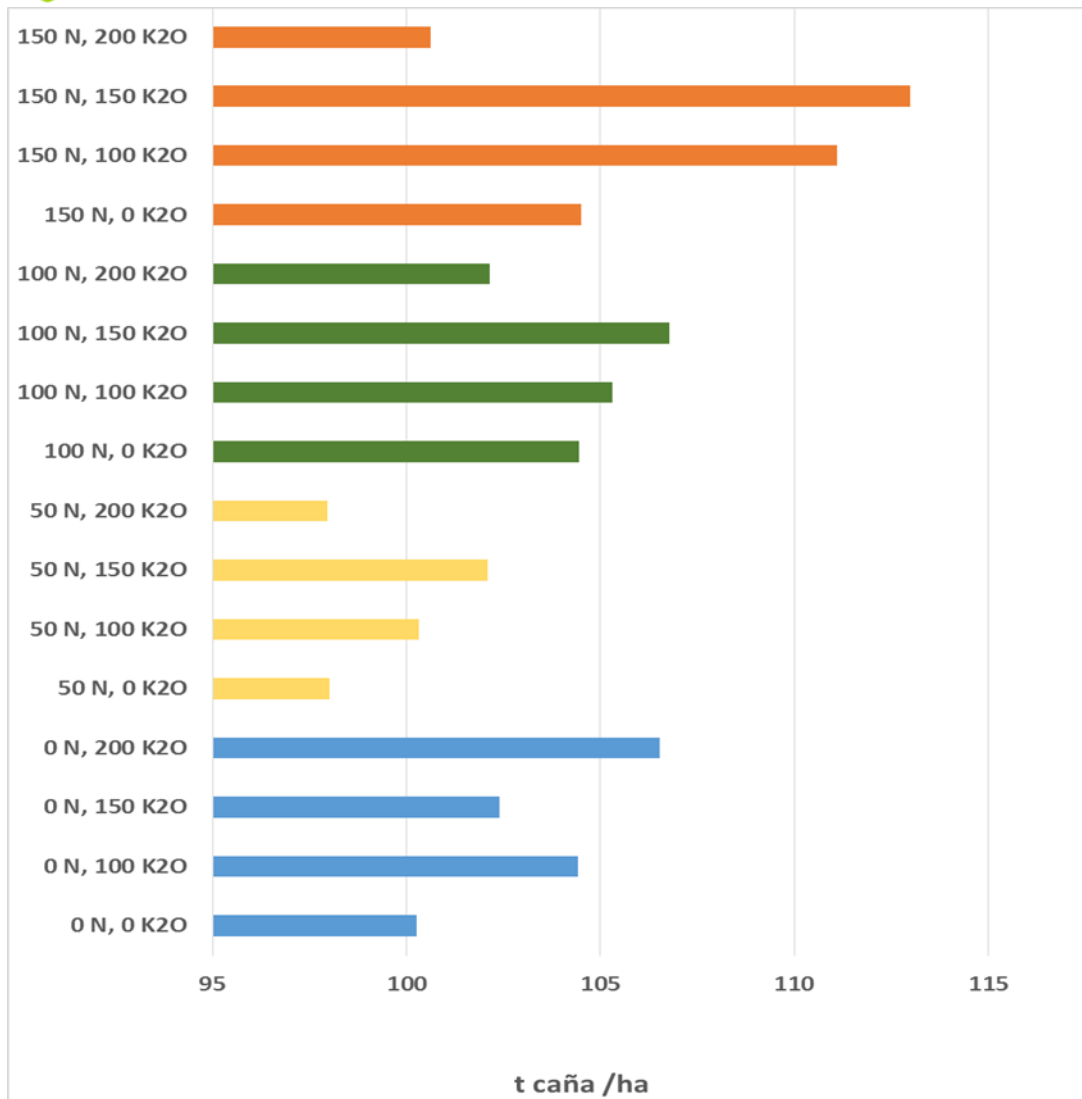
**Figura 1. Producción de caña / ha obtenida con las dosis crecientes de nitrógeno.**

Respecto al potasio, fue el nutrimento más determinante en cuanto a la producción de azúcar (t azúcar/ha), debido al incremento, aunque no significativo estadísticamente en la variable rendimiento industrial (kg Azúcar/t), presentando valores significativos en las diferentes dosis adicionadas, pero en especial con la dosis de 150 kg/ha. Lo anterior se pone de manifiesto en la figura 2.



**Figura 2. Producción de azúcar / ha obtenida con las dosis crecientes de potasio.**

Quando se analizan los resultados de las interacciones, entre el nitrógeno y el potasio, respecto a las t caña / ha, obtenidas, la figura 3, siguiente presenta dicha información. Se observa una excelente respuesta del potasio en la producción de caña, especialmente con dosis altas de nitrógeno. El mejor tratamiento fue 150 kg de nitrógeno por 150 kg de potasio, con 113 t caña / ha, obteniendo 13 t caña / ha de más respecto al testigo sin fertilizar.



**Figura 3. Producción de caña / ha obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de nitrógeno y potasio.**

Respecto a la respuesta del potasio, en el rendimiento industrial ( t azúcar / ha), resulta evidente y sobre todo en el ciclo planta la tendencia negativa del nitrógeno a reprimir la concentración de azúcar en la planta en favor de una mayor producción de tallos y por el contrario el potasio a incrementar la producción de azúcar, situación que se aprecia en la figura 4, donde se presentan los resultado de la interacción de estos nutrientes en el cultivo, se observa como al incrementar las dosis de nitrógeno la respuesta no fue muy contundente en esta cosecha. Resultados bajos con respecto a otros tratamientos, requiere forzosamente de la presencia de



potasio, para lograrlo. Por otra parte, la decisión de solo aplicar potasio, sin adicionar nitrógeno, la producción se incrementó proporcional al incrementar el potasio, y que un buen tratamiento sería, la combinación de 0 kg de nitrógeno, con 200 kg de potasio. Sin embargo, en una caña planta, esta relación no es adecuada, para sustentar en el largo plazo, un buen desarrollo de la cepa y una mayor vida productiva del cañal. De aquí que los resultados ponen de manifiesto que una mejor interacción entre estos nutrimentos es de 100 y 150 kg de Nitrógeno y Potasio, respectivamente.

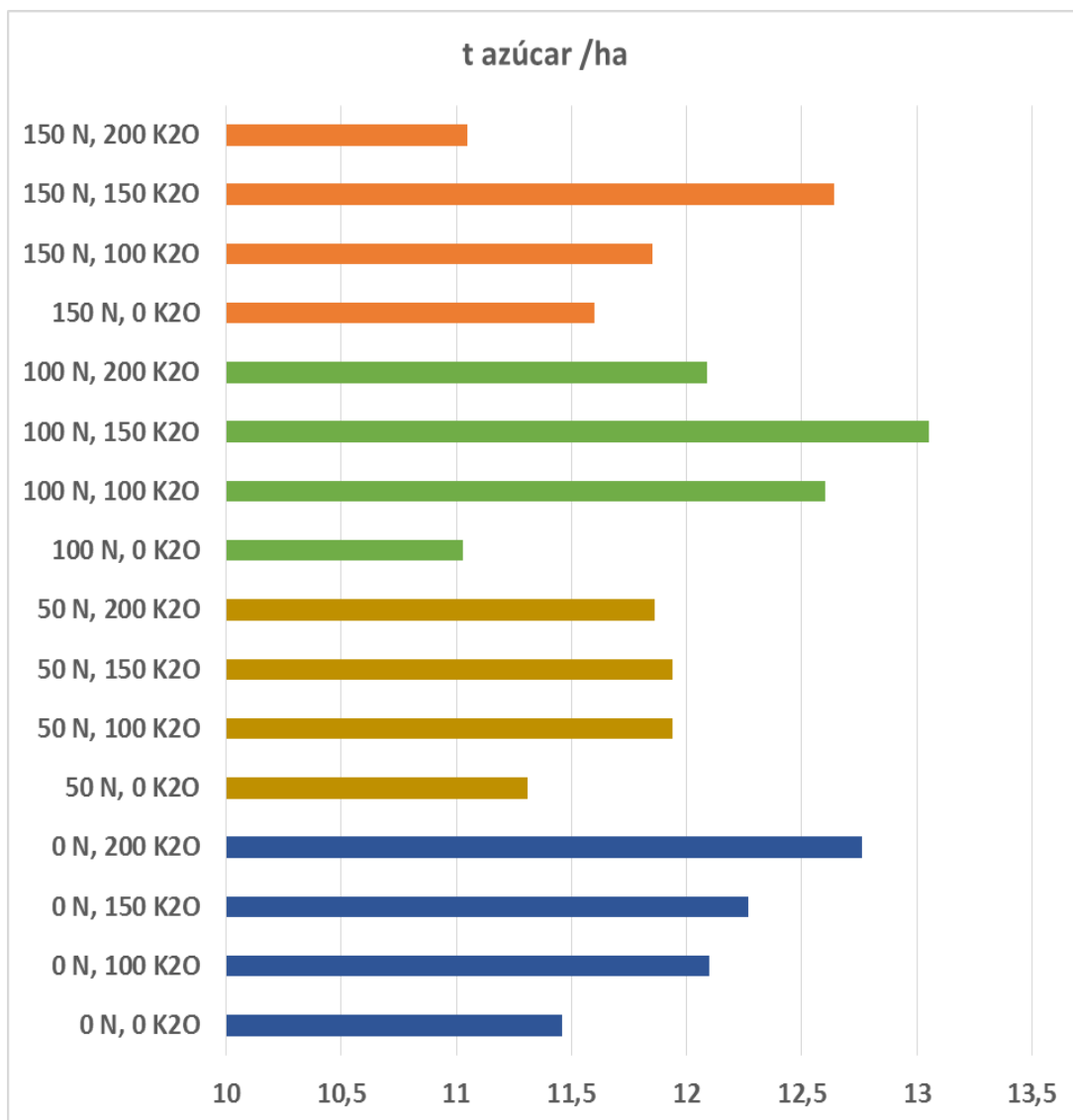


Figura 4. Producción de azúcar / ha obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de nitrógeno y potasio.



Con respecto a los resultados agroindustriales, obtenidos con la cosecha de la caña en el segundo corte, el cuadro 5, presenta el resultado del análisis de varianza respectivo.

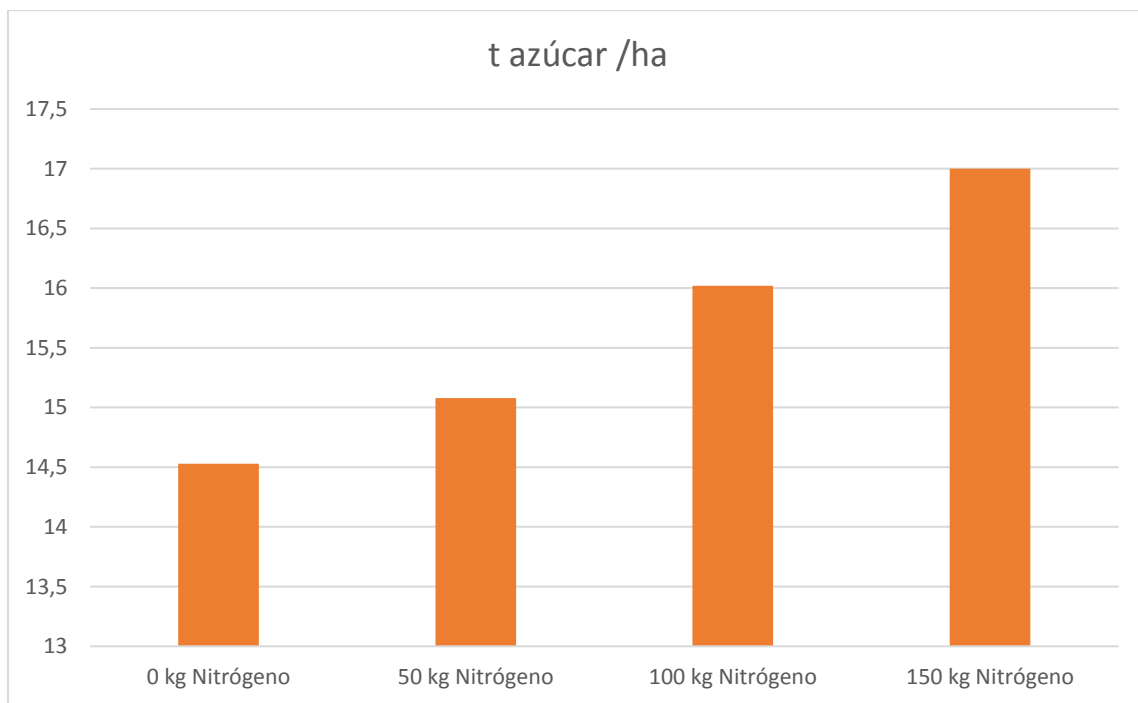
**Cuadro 5.**  
**Análisis de varianza realizado a las variables agroindustriales de la segunda cosecha del estudio.**

ANDEVA		% Brix			% Pol			% Pureza			% Fibra			Rend.Ind			t caña /ha			t az/ha		
Fuente variacion	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	
Repeticiones	2	0,12	1	0,23	1	1,52	1	0,33	1	8,03	1	2.425,02	0	28,38	0							
Nitrogeno(A)	3	0,9	0,11	1,34	0,1	3,19	0,3	0,52	1	69,56	0,07	1.857,27	0	14,19	0							
Potasio(B)	3	0,11	1	0,26	1	3,09	0,31	1,60	0,07	52,09	0,14	186,95	0,23	6,42	0,04							
Interacción N*K	9	1,05	0,03	1,36	0,04	4,49	0,11	0,2	1	80,10	0,01	129,29	0,43	2,54	0,32							
Error	30	0,42		0,58		2,5		0,62		26,9		124,49		2,08								
Total	47	25,21		35,05		137,34		27,49		1.908,76		15.880,87		203,77								
% CV		3,39		4,39		1,73		5,39		4,49		8,22		9,21								
Dosis / ha		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	
0 kg Nitrogeno		19,37		17,87		92,21		14,81		118,44	a	122,35	c	14,53	b							
50 kg Nitrogeno		19,01		17,42		91,61		14,35		116,59	a	129,21	bc	15,08	b							
100 kg Nitrogeno		18,75		17,17		91,78		14,59		114,08	a	140,71	ab	16,02	ab							
150 kg Nitrogeno		18,84		17,16		90,97		14,75		113,15	a	150,49	a	17	a							
Dosis / ha		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	
0 kg Potasio (K <sub>2</sub> O)		18,89		17,19		90,96		15,03	a	112,54		130,53		14,65	b							
100 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		18,94		17,46		92,12		14,41	a	116,92		139,68		16,28	a							
150 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		19,04		17,51		91,92		14,83	a	115,84		134,97		15,58	ab							
200 kg Potasio( K <sub>2</sub> O)		19,1		17,45		91,59		14,24	a	116,97		137,59		16,12	ab							
Interacción( kg/ha)		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	
0 N, 0 K <sub>2</sub> O		19,07	Aa	17,43	Aa	91,4		15,31		113,52	Aa	114,6		13,04								
0 N, 100 K <sub>2</sub> O		19,8	Aa	18,48	Aa	93,31		14,79		123,22	Aa	133,08		16,38								
0 N, 150 K <sub>2</sub> O		19,27	Aa	17,82	Aa	92,47		14,72		118,56	Aa	115,24		13,68								
0 N, 200 K <sub>2</sub> O		19,35	Aa	17,75	Aa	91,68		14,44		118,48	Aa	126,48		15								
50 N, 0 K <sub>2</sub> O		18,32	Aa	16,73	Aa	91,3		14,68		110,79	Aa	122,16		13,48								
50 N, 100 K <sub>2</sub> O		19,53	Aa	17,95	Aa	91,9		14,16		120,85	ABa	133,97		16,18								
50 N, 150 K <sub>2</sub> O		19,59	Aa	18,19	Aa	92,79		14,49		121,92	Aa	130,54		15,88								
50 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,59	Aa	16,81	Aa	90,47		14,05		112,8	Aa	130,16		14,76								
100 N, 0 K <sub>2</sub> O		18,72	Aa	16,74	Aa	89,41		15,23		108,07	Aa	145,21		15,63								
100 N, 100 K <sub>2</sub> O		18,36	Aa	17,16	Aa	93,46		14,21		116,22	ABa	135,81		15,79								
100 N, 150 K <sub>2</sub> O		18,46	Aa	16,91	Aa	91,63		14,65		112,3	Aa	137,02		15,36								
100 N, 200 K <sub>2</sub> O		19,48	Aa	17,85	Aa	92,63		14,27		119,72	Aa	144,82		17,31								
150 N, 0 K <sub>2</sub> O		19,45	Aa	17,85	Aa	91,73		14,89		117,78	Aa	140,13		16,46								
150 N, 100 K <sub>2</sub> O		18,09	Aa	16,27	Aa	89,81		14,46		107,38	Ba	155,87		16,75								
150 N, 150 K <sub>2</sub> O		18,84	Aa	17,11	Aa	90,79		15,45		110,57	Aa	157,08		17,38								
150 N, 200 K <sub>2</sub> O		18,99	Aa	17,39	Aa	91,56		14,19		116,87	Aa	148,89		17,39								

Valores con igual letra no presentan diferencias estadísticas entre sí, según Tukey 5%.

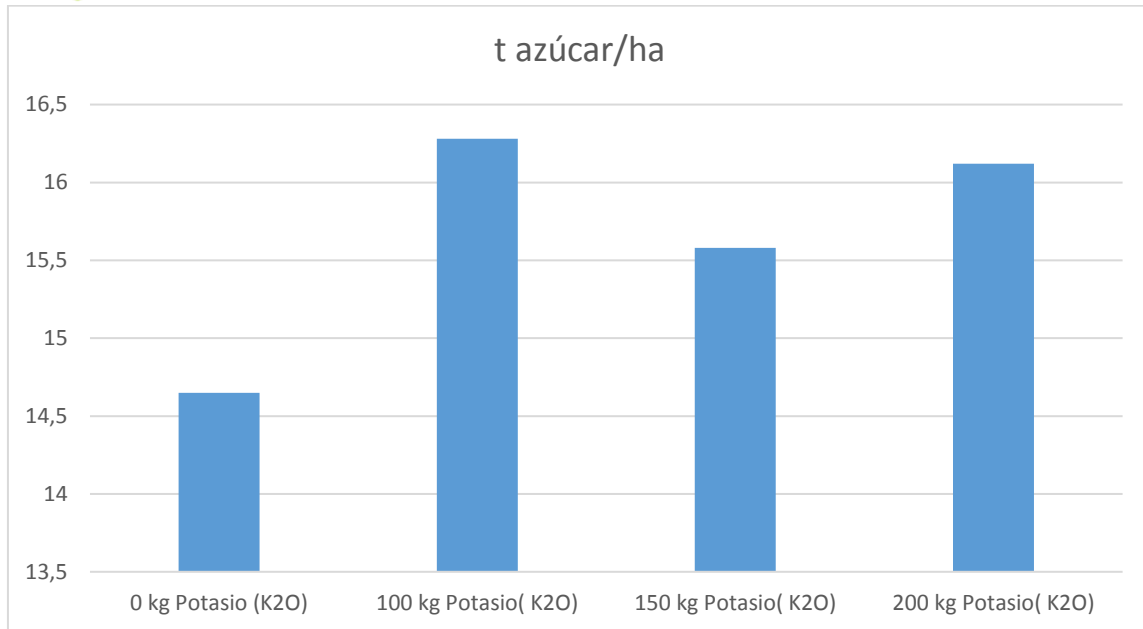


Con el nitrógeno, se presentaron diferencias significativas, en las variables de rendimiento industrial (kg az/t caña), y en la producción de caña y azúcar (t/ha). Se evidenció una relación directa, de aumento con respecto a las toneladas de caña por hectárea, conforme se aumentaron los tratamientos con nitrógeno se produjo más toneladas de caña por hectárea. El tratamiento con 150 kg / ha, de nitrógeno, expresó los más altos rendimientos en caña y azúcar (t/ha). Tal y como se presenta en la figura 5.



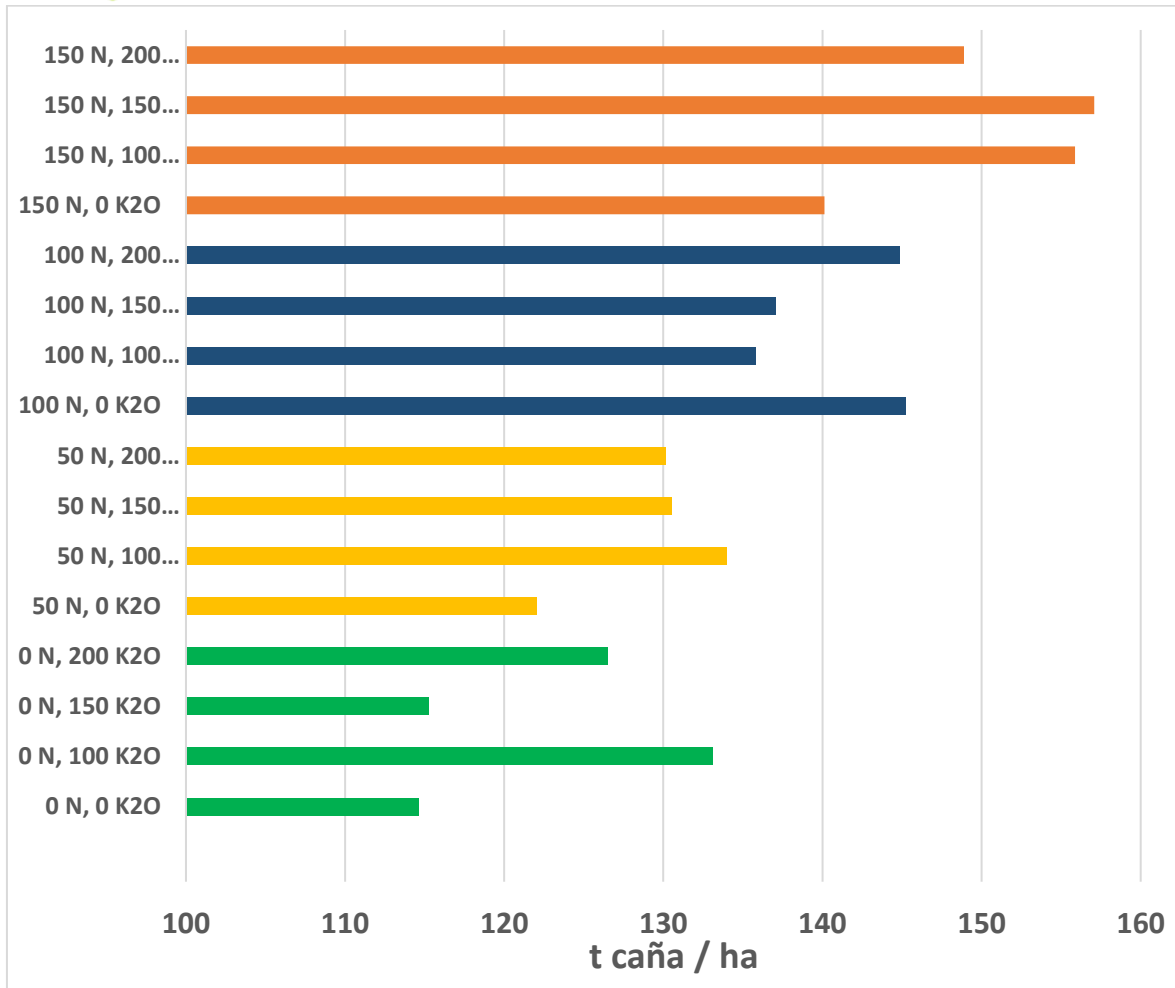
**Figura 5. Producción de azúcar / ha obtenida con las dosis crecientes de nitrógeno.**

Con respecto al potasio, elemento que se asocia al aumento de las concentraciones de sacarosa, presentó diferencias significativas para las variables industriales, % de fibra, y para la producción de azúcar (t azúcar/ha), con respecto a esta última variable, el tratamiento con 100 kg de potasio, fue superior al tratamiento testigo en más de 1,5 t /ha). Tal y como se demuestra en la figura 6.



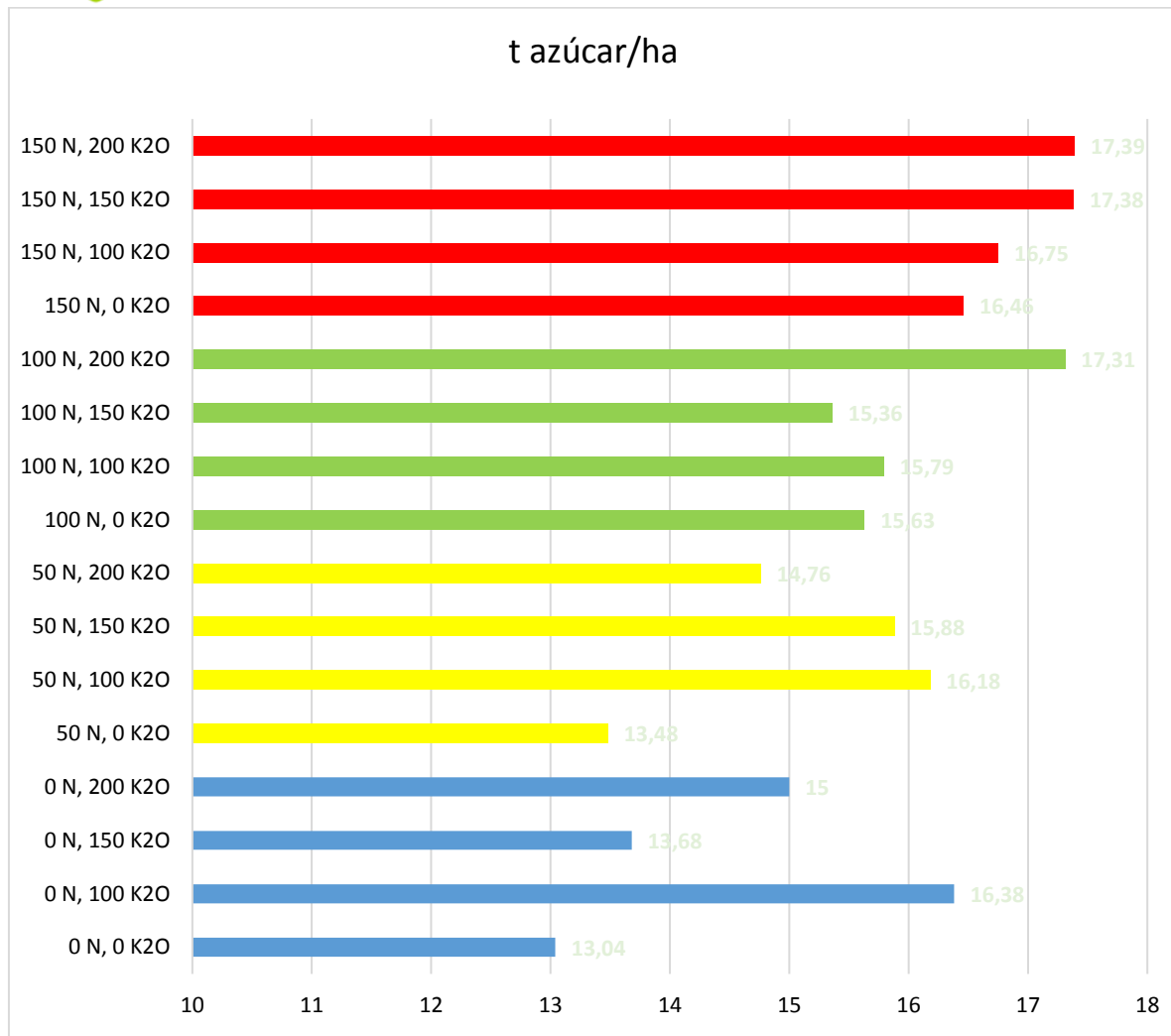
**Figura 6. Producción de azúcar / ha obtenida con las dosis crecientes de potasio.**

Respecto a la respuesta en t caña / ha, cuando se analizan los resultados de las interacciones de estos nutrientes, en la figura 7, se presentan. Se observa una excelente respuesta con respecto a esta variable (t caña / ha), en todos los tratamientos, hay una evidente respuesta del potasio, al interaccionarse con el nitrógeno, en especial cuando se utilizan las mayores dosis de nitrógeno, la mejor respuesta se observa con la interacción de 150 kilogramos de nitrógeno con 150 kg de potasio, obteniéndose 157 t caña / ha, o sea 43 t caña/ha de más respecto al testigo (sin fertilización), del cual se obtuvo 114 t caña / ha. Es importante mencionar, que la interacción de 150 kg de nitrógeno / ha, y 100 kg de potasio por hectárea, produjo 155 t caña / ha, lo que representa 2 t de caña /ha, menos que el mejor tratamiento.



**Figura 7. Producción de caña / ha obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de nitrógeno y potasio.**

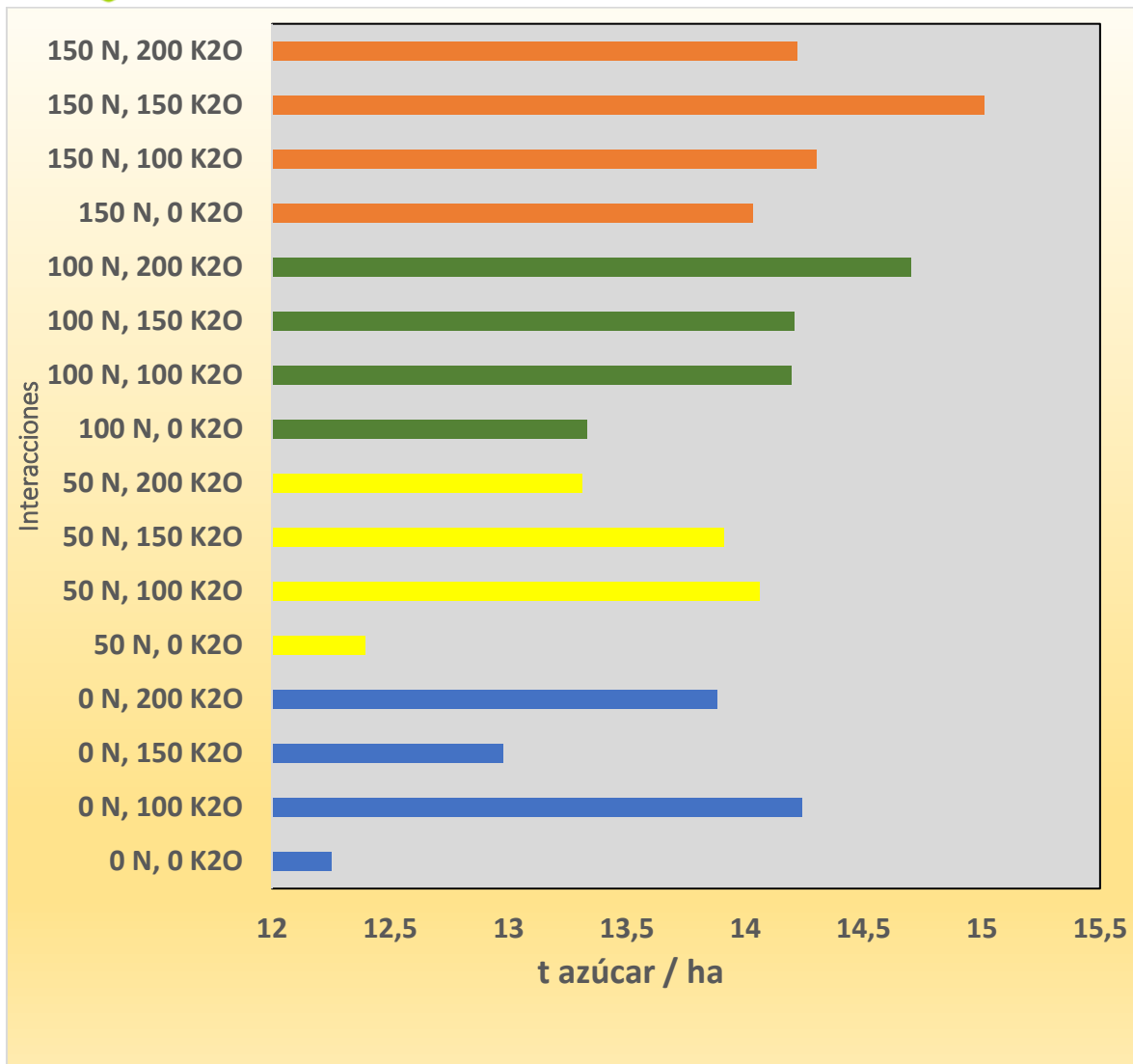
La respuesta industrial obtenida (t azúcar /ha), cuando se realizó, la interacción entre el nitrógeno y el potasio, se presenta en la figura 8.



**Figura 8. Producción de azúcar / ha obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de nitrógeno y potasio.**

Los mejores resultados agroindustriales obtenidos, se logran cuando encontramos las mayores dosis de nitrógeno y del potasio, en este caso la mejor respuesta agroindustrial obtenida se logra con la interacción de los tratamiento, de 150 y 150 kg de nitrógeno y potasio, respectivamente, el cual obtuvo 17 t azúcar / ha. Con respecto al tratamiento testigo, al igual que los resultados obtenidos en caña planta, manifestó los más bajos resultados industriales.

Con respecto a los valores promedios obtenidos, durante los años en estudio (2017 y 2018), se procedió a interpretar los resultados, para la variable t azúcar / ha, los cuales se presentan en la figura 9.



**Figura 9. Producción promedio de azúcar / ha, obtenida con la interacción de diferentes dosis crecientes de nitrógeno y potasio, durante los años 2017 y 2018.**

Los resultados obtenidos, demuestran, que tomar la decisión de no fertilizar una área cultivada con caña, (resultados del tratamiento testigo), no es aconsejable, en estos dos ciclos o períodos de cosecha (caña planta y primera soca), ya que siempre fueron los más bajos, cuando se interaccionan los diferentes tratamientos. Como se observa en el gráfico anterior, hay respuesta evidente del nitrógeno, con forme se aumenta la dosis de este nutriente, se incrementan los resultados en t caña / ha. Respecto al potasio, su respuesta se presentó principalmente con las dosis mayores de nitrógeno (100 y 150 kg / ha). Cuando se utilizan las dosis más bajas de nitrógeno, no mostró claridad, en la respuesta del potasio, por la inconsistencia, en la respuesta

productiva, en la primera cosecha (caña planta). Finalmente, la mejor respuesta industrial (kg azúcar/ ha), se presentó con las interacciones de 150 kg de nitrógeno y 150 kg de potasio, con una respuesta de 15, 01 t azúcar / ha, respecto a la respuesta industrial del testigo que fue de 12 t azúcar / ha.

### Conclusiones.


- No se encontraron respuestas positivas, del tratamiento testigo, respecto a las variables agroindustriales, durante los dos periodos en estudio, lo que demuestra que el área de caña establecida, debe necesariamente fertilizarse en forma oportuna y con las cantidades requeridas, para lograr mayor vida útil de la caña y altos rendimientos.
- En caña de azúcar, la fertilización con solo nitrógeno, no favorece la mayor respuesta agroindustrial del cultivo, es necesario de la incorporación del potasio, por su acción de sinergismo, que se produce con el nitrógeno, para lograr dicho propósito.
- En caña planta, las interacciones de los diferentes tratamientos, manifiestan una respuesta incongruente, en especial con las bajas dosis de potasio, producto de cosechar la caña, a una edad temprana, de 8 meses, a esta edad hay muchos azúcares reductores y pocos azúcares recuperables, no se le dio oportunidad de que el potasio, actuara.
- Con base en los resultados, fue más representativa, la respuesta agroindustrial productiva, obtenida durante el período del 2018, ya que en ella la caña tenía una edad cronológica de 11 meses. En la interacción de nitrógeno con el potasio, mientras en tratamiento testigo (0 N – 0 K<sub>2</sub>O) obtuvo un rendimiento industrial de 13 k azúcar /ha, la mejor respuesta industrial fue con el tratamiento (150 N – 150 K<sub>2</sub>O), obtuvo un rendimiento industrial de 17 t azúcar / ha.
- Cuando se analizan, los resultados promedios obtenidos en los dos años en estudio (2017 – 2018), la mejor respuesta industrial (kg azúcar/ ha), se presentó con las interacciones de 150 kg de nitrógeno y 150 kg de potasio, con una respuesta de 15 t azúcar / ha, mientras que el tratamiento testigo (sin nitrógeno y sin potasio), produjo 12 t azúcar / ha.

### Recomendaciones.

- La investigación debe de continuarse, durante 3 años más, con el propósito, de ir sustentando los resultados.
- Por la importancia de la investigación, se debe de realizar en otros órdenes de suelo, y utilizando otras fuentes y dosis, con el fin de encontrar, las mejores respuestas agroindustriales del cultivo.

### Literatura consultada.

1. CHAVES, M. 1986. Requerimientos, extracción y remoción de nutrientes por la caña de azúcar. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Publicado en Boletín Informativo DIECA N° 29, Año 4. San José, Costa Rica: p 1-2.
2. CHAVES, M. 1999. Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. Expuesto en el “XIII Congreso Nacional de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI)”, San José, Costa Rica p 187-215.
3. CHAVES, M. y CHAVARRÍA, E. (2017). Aproximación Taxonómica y Territorial de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica. I Órdenes de suelo. LAICA, Costa Rica. P 26.
4. GERSSON, 2014. Aplicación de cinco dosis de Potasio en caña de azúcar (Saccharum officinarum) Var. CP-72 2086, ciclo plantía, en suelo Alfisol, Santo Domingo. Consultado 3 de agosto 2018. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22\\_0251.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0251.pdf)
5. LAZCANO, 2005. El potasio esencial para un buen rendimiento en caña de azúcar. Consultado 3 de agosto 2018. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/2CBCF9DC49F326CE06256B97005A5450/\\$file/El+Potasio+Esencial+para+un+buen+rendimiento+en+la+ca%C3%B1a+de+az%C3%BAcar.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/2CBCF9DC49F326CE06256B97005A5450/$file/El+Potasio+Esencial+para+un+buen+rendimiento+en+la+ca%C3%B1a+de+az%C3%BAcar.pdf)

- 
6. QUINTERO, R. 1995. Fertilización y Nutrición: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICANA. Cali, Colombia. p. 153-177.
  
  7. ROMERO, E. et al. 2004. Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar. Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC N° 61 – Noviembre 2004. Consultado 3 de agosto 2018. Disponible en <http://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/recomendaciones-para-la-fertilizacion-de-la-caa-de-azucar>.