

**EVALUACIÓN DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y SISTEMAS DE  
SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA PANELERA (*Saccharum spp.*)  
EN EL MUNICIPIO DE CONSACA DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**ANDREA ALEJANDRA ARMERO FUERTES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
PASTO – COLOMBIA**

**2012**

**EVALUACIÓN DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y SISTEMAS DE  
SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA PANELERA (*Saccharum spp.*)  
EN EL MUNICIPIO DE CONSACA DEPARTAMENTO DE NARIÑO.<sup>1</sup>**

**ANDREA ALEJANDRA ARMERO FUERTES**

**Trabajo para optar al título de Ingeniera Agrónoma.**

**Presidente de tesis  
BELISARIO VOLVERÁS MAMBUCAY I.A., M.Sc.  
Copresidente de tesis  
ROBERTO MANRIQUE ESTUPIÑAN I.A., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
PASTO – COLOMBIA**

**2012**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1<sup>o</sup> del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente de tesis

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2012

## CONTENIDO

	<b>PAG.</b>
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCION.....	9
MATERIALES Y METODOS.....	13
RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
ANALISIS ECONOMICO.....	21
CONCLUSIONES.....	22
BIBLIOGRAFIA .....	23

**EVALUACIÓN DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y SISTEMAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA PANELERA (*Saccharum spp.*) EN EL MUNICIPIO DE CONSACA DEPARTAMENTO DE NARIÑO.<sup>1</sup>**

**EVALUATION OF LEVELS OF FERTILIZATION AND SOWING SISTEM IN THE CULTIVATION SUGARCANE (*Saccharum spp.*)IN THE MUNIPALLITY OF CONSACA DEPARTAMENT OF NARIÑO.<sup>1</sup>**

**ANDREA ALEJANDRA ARMERO FUERTES<sup>2</sup>**

**BELISARIO VOLVERASMAMBUCAY M.Sc.<sup>3</sup>**

**ROBERTO MANRIQUE ESTUPIÑAN M.Sc.<sup>4</sup>**

**RESUMEN**

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Consacá, Corregimiento Olaya Herrera, vereda Villa Inés del departamento de Nariño, localizada en la Región Inter - Andina, en la Subregión Central o Macizo del Galeras, zona en la cual predomina el clima medio-húmedo, con temperatura media anual de 17 °C, 1700 mm de precipitación media anual distribuidos en dos temporadas, con el fin de evaluar dos sistemas de siembra y niveles de fertilización en el cultivo de caña panelera bajo diseño de bloques completos al azar (BCA) con nueve tratamientos y tres repeticiones.

1. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto Colombia.
2. Estudiante Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto Colombia. E-mail: Alejandra\_af@hotmail.com
3. Investigador CORPOICA – Pasto E-mail: [bvolveras@corpoica.org.co](mailto:bvolveras@corpoica.org.co)
4. Investigador CORPOICA E.E CIMPA, Barbosa E-mail: [rmanrique@corpoica.org.co](mailto:rmanrique@corpoica.org.co)

En campo a cosecha se evaluó Grados brix (G.B.), índice de madurez (IDM), altura de planta (A.P.), diámetro de tallos (D.T.), longitud de entrenudos (L.E.), total de entrenudos (T.E.), índices de crecimiento (I.C), población de tallos por hectárea (PTH), las cuales no presentaron diferencia estadística.

En laboratorio, se encontró que porcentaje de conversión a panela, azúcar reductores y ppm de fosforo presentaron diferencias estadísticas con respecto a las demás consideradas en esta etapa. El análisis económico mostro que los sistemas de mateado y sus respectivos niveles de fertilización evidenciaron una mayor rentabilidad superior al 50% para estos tratamientos.

Palabras clave. Sistemas de producción, Nutrición, panela, transformación, agroindustria.

#### ABSTRACT

This work was developed in the municipality of Consacá, township Olaya Herrera, sidewalk Villa Ines Nariño department, located in Region Inter - Andean subregion in the Massif Central or Galeras area where the climate is humid mid-, with mean annual temperature of 17 ° C, 1700 mm average annual rainfall spread over two seasons, in order to evaluate the efficiency of two planting systems and different levels of fertilization in the cultivation of sugarcane. Established design randomized complete block (RCB) with nine treatments and three replications, considering planting systems chorrillo and matting on the one hand and levels of chemical and organic fertilizer according to soil analysis on the other.

The evaluation of the response variables were considered in the first instance variables taken into the field to harvest according to maturity index, which is considered: Degrees Brix (GB), maturity index (MDI), plant height (AP ), stem diameter (SD), length of internodes (LE), total internodes (TE), rates of growth (IC), population of stems per hectare (PTH). This showed no statistical difference. In a second phase laboratory evaluation found

that reducing sugar variables and Phosphorus ppm showed statistical difference with respect to the others considered at this stage. The economic analysis showed that matting systems and their respective fertilizer levels showed greater than 50% yield for these treatments.

Keywords. Production systems, nutrition, raw sugar, processing, agro-industry.

## INTRODUCCION

Se estima que 25 países producen cerca 11.209.000 toneladas de panela por año, dentro de los cuales Colombia ocupa el segundo lugar, con un volumen que representa el 13,9% de la producción mundial. En términos de consumo por habitante, Colombia ocupa el primer lugar con 33,9 kg al año, cifra que supera al promedio mundial de 2,3 kg y al del mayor productor mundial, la India, cuyo consumo es de 9,4 kg. (Osorio, 2007). En Colombia el área sembrada se concentró en los departamentos de Santander, Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Nariño y Tolima con el 75% del total nacional, zonas que a su vez aportaron el 74% de la producción nacional (Agronet, 2011).

Según Agronet (2011), el departamento de Nariño cosechó un área de caña panelera de 11.341 has, con producción de 78.768 t y un rendimiento de 6.9 t/ha contribuyendo con 5.72% de la producción total de panela en el país; el sistema productivo de caña panelera genera empleos y bienestar para numerosas familias. “En este departamento, cada hectárea cultivada requiere de 128 jornales al año y cada trapiche con una capacidad de 100 kg de panela por hora genera 14 puestos de trabajo,” la agroindustria panelera jalona otros sectores productivos por su alta demanda en la industria de fertilizantes, empaques, transporte, metalmecánica y comercialización (Campuzano y Bolaños, 2003).

El cultivo de la caña panelera se desarrolla principalmente en la región Andina, sobre las laderas de las tres cordilleras que atraviesan el país, en la franja altimétrica comprendida entre 700 y 2.000 m.s.n.m. Las condiciones fisiográficas en que se desenvuelve el cultivo de esta especie son muy variables dependiendo de la región; sin embargo, las que más



predominan son las áreas de pendientes medias a altas con inclinaciones que oscilan entre el 10 y el 40% (región de la hoya del río Suárez, Cundinamarca, Nariño, Antioquia, Eje Cafetero y Norte de Santander). El predominio del relieve de alta pendiente y altas precipitaciones hace que sean suelos de riesgo de erosión; la caña, por sus características de planta y del sistema de cultivo, la convierte en una especie protectora.

Respecto al tamaño de los predios, FEDEPANELA estima que “cerca del 83% de las unidades productoras se sitúan en el rango de “pequeñas” (capacidad instalada menor a 100 Kg / hora), 15% en el rango de “medianas” (capacidad instalada menor a 150 a 250 Kg / hora) y tan solo 2% se clasifican como unidades productoras “grandes” (capacidad instalada superior a 250 Kg/ hora)”.

Según cálculos de la Federación Nacional de Paneleros (FEDEPANELA), existen en el país alrededor de 23.000 trapiches, con capacidad de proceso entre 50 y 300 kilogramos por hora de panela, diferencia dada por condiciones geográficas y tipo de tenencia de la tierra , lo que a su vez influye en el tipo de tecnología empleada.

Campuzano y Bolaños, (2003) afirman que en el departamento de Nariño, la agroindustria panelera es una de las principales actividades socioeconómicas altamente generadora de ingresos y su área de influencia se localiza en la cuenca media del Río Guaitara en los municipios de Ancuyá, Consacá, Linares, Sandoná, Samaniego, El Tambo, La Florida y en el piedemonte costero los municipios de Mallama y Ricaurte.

Sin embargo y pese a su importancia socioeconómica, en todas las regiones colombianas la agroindustria panelera presenta una serie de problemas entre los que se destaca la baja productividad agrícola que, en el caso de Nariño, afecta a cerca del 80% de las unidades productivas. Parte de la problemática de la productividad está relacionada con la ausencia y eficiencia de las prácticas agronómicas. La fertilización y los sistemas de siembra tienen muchas variantes dentro de una misma región, lo cual ha generado un sinnúmero de recomendaciones y prácticas, que en muchos casos afectan el entorno ambiental, la rentabilidad del cultivo y calidad del producto (Manrique, 2000).

Investigaciones realizadas por el ICA y CORPOICA, 1998 sobre de métodos de siembra chorrillo y mateado señalan que el primero presentó los mejores resultados en producción de caña, con distancias de 1,40 a 1,50 m entre surcos. El mateado, con distancias entre 1 y 1,30 m entre surcos, y de 25 a 50 cm entre plantas, con uno y dos esquejes por sitio, respectivamente, en suelos con buena estructura, permite obtener rendimientos muy similares a los del sistema a chorrillo. Sin embargo, la falta de agua en la época de siembra, la desigualdad en el crecimiento de los tallos (primarios, secundarios y terciarios) y el mayor riesgo de vuelco hacen que el sistema de mateado sea menos eficaz que el chorrillo.

La cantidad de nutrientes que extrae la caña pueden variar dentro de límites muy amplios dependiendo de la variedad, el estado de fertilidad del suelo y la edad de la caña en el momento de realizarse el corte. Según (Osorio, 2007) “50 toneladas de caña de molienda asimilan del suelo 34 kilos de nitrógeno, 23 kilos de  $P_2O_5$  y 68 kilos de  $K_2O$ ”. La época de aplicación debe ser al momento de la siembra y después de cada corte (entre 30 y 40 días después del corte). Cuando la fertilización se realiza con fuentes, fraccionar la urea, la mitad a la siembra y la otra mitad a los 90 días. En investigaciones realizadas se encontró que con dosis que varían entre 50 y 75 kg/ha de nitrógeno, 75 a 150 kg/ha de  $P_2O_5$  y 75 a 225 kg/ha de  $K_2O$  se alcanzarían altos rendimientos (Muñoz, 1976).

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se da gran importancia a los abonos de origen orgánico y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos como es el caso de la caña panelera; este tipo de abonos mejora diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos (Cervantes, 2010).

El mismo autor sostiene que tanto para sistemas intensivos como extensivos los requerimientos de nutrientes como N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  difícilmente pueden obtenerse a partir de

la fertilidad natural del suelo. La materia orgánica cumple un papel decisivo en el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo, por lo tanto es recomendable incluir dentro de los planes de fertilización el uso de abonos orgánicos. Es posible asegurar que, para cultivos intensivos, se pueden conseguir buenos rendimientos en caña y panela a partir de fertilizantes minerales, con un adecuado soporte orgánico.

Según Manrique, 1992 en el proceso de producción de caña y panela resulta mucha materia orgánica, a partir de los residuos de cosecha (encalle), los diferentes subproductos del molino (ceniza, bagazo, bagacillo, etc.), los estiércoles de los animales utilizados en el transporte de la caña (mulas) y las diferentes especies animales de la finca (gallinas, cerdos y bovinos); todos estos residuos se pueden adicionar a un manejo de lombricultivo y producción de humus o a un proceso de compostaje.

Según el acuerdo de competitividad de caña panelera del departamento de Nariño, el municipio de Consacá abarca un área considerable en la producción de caña panelera. En este y en la mayoría de zonas productoras del departamento la práctica de fertilización se realiza en forma tradicional sin considerar análisis de suelo y con solo formulaciones compuestas a base de N, P, K y aunque con pocas excepciones en algunos casos no se fertiliza. La aplicación de N, P, K además de no suministrar todos los nutrientes necesarios, ni en la proporción necesaria para un óptimo rendimiento, genera deficiencias de nutrientes que constantemente el cultivo extrae y no se reemplazan como B, Cu, Fe, Mn y Zn. Aplicaciones deficientes o no balanceadas de nutrientes pueden reducir hasta 52% el rendimiento de caña por hectárea y el rendimiento de sacarosa (Quintero 1995).

Así mismo el sistema de siembra tiene un importante efecto sobre la productividad y se ha encontrado que el sistema mateado puede reducir hasta en 15% la producción de caña, cuando se presenta déficit hídrico y además se presenta desigualdad en el crecimiento de los tallos (primarios, secundarios y terciarios) y mayor riesgo de vuelco que hacen que este sistema sea menos eficaz que el chorrillo. Sin embargo, dependiendo de las condiciones de suelo, topografía y material vegetal se puede encontrar ventajas de un sistema respecto al otro (Manrique, 2000).

Por lo anterior se plantió la realización del trabajo para contribuir al mejoramiento del sistema de producción de caña panelera a través de la búsqueda de alternativas de fertilización y sistemas de siembra adecuadas y sostenibles económicamente..

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Consacá, Corregimiento Olaya Herrera, vereda Villa Inés (01° 15' 688" N; 77° 29' 371" W) que se encuentra localizada en la Región Inter - Andina, en la Subregión Central o Macizo del Galeras, zona en la cual predomina el clima medio-húmedo, con temperatura media anual de 17 °C, 1700 mm de precipitación media anual distribuidos en dos temporadas (marzo a mayo y octubre a diciembre), 86% de humedad relativa, 1650 msnm y pendiente del 35% (IGAC, 2004).

Según Castro (2004), cuando se carece de información particular acerca de los niveles críticos de nutrientes para un cultivo, existen estándares generales que pueden ser considerados como indicadores del estado nutricional del suelo; según lo anterior y la tabla 1, el suelo donde se realizó el estudio se caracteriza por presentar una reacción moderadamente acida, valores bajos para el contenido de MO, P, B y Zn , medios para S y Na y altos para S, Mg, K, Fe, Cu y Mn.

**Tabla 1. Características químicas del suelo (Finca Ramiro Martínez).**

<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Al+H</b>	<b>Al</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
	<b>%</b>	<b>mg kg<sup>-1</sup></b>		<b>Cmol/kg</b>	<b>Cmol<sub>(x)</sub>/kg</b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>				
5.7	2.9	4	8.5	0.19	0.0	6.86	2.21	0.81	0.11	403	4.8	43.7	2.1	0.11

Fuente: CORPOICA

La unidad experimental (UE) se constituyó de 6 surcos de 6 metros de largo sembrado a 1.3 metros de distancia, para un área de 46.8 m<sup>2</sup> y de 1263.6 m<sup>2</sup> para el ensayo. Se utilizó diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con (9) nueve tratamientos y (3) tres repeticiones. Considerando estudios previos en regiones paneleras de todo el país se plantearon los siguientes tratamientos:

**T1:** Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con fertilización del agricultor.

**T2:** Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con abono orgánico según análisis de suelos.

**T3:** Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con fertilización química según análisis de suelos.

**T4:** Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con mezcla de fertilización química y abono orgánico según análisis de suelos.

**T5:** Sistema mateado con abono orgánico según análisis de suelo.

**T6:** Sistema mateado con fertilización química según análisis de suelo.

**T7:** Sistema mateado con mezcla de fertilización química y abono orgánico según análisis de suelos.

**T8:** Sistema mateado con fertilización del agricultor.

**T9:** Sistema chorrillo x Sistema mateado sin fertilización.

Los tratamientos “fertilización del agricultor” correspondieron a 550 kg ha<sup>-1</sup> de 13-26-6 que es la fuente y cantidad que usualmente utilizan los agricultores de la zona (FEDEPANELA, evento de socialización proyectos municipio de Linares, mayo 27 de 2008); los tratamientos “fertilización química” correspondieron a 69 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como DAP, 165 kg ha<sup>-1</sup> de N como urea (incluye N del DAP) y 60 kg ha<sup>-1</sup> de k<sub>2</sub>O como KCl. En los tratamientos “abono orgánico” se empleó 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de producto comercial (Agroandinos) que presenta una composición basada en N total 1.8%, fósforo 3,0%, potasio 1,25%, carbono orgánico 18.1%, C/N 10 y cenizas 41,1%.

Para los tratamientos “mezcla fertilización química y abono orgánico” las dosis correspondieron a las cantidades de los tratamientos individuales. El ajuste de los niveles de los elementos, se realizó con base en el análisis de suelo; los tratamientos que incluyeron abono orgánico, este se aplicó al fondo del surco al momento de la siembra y el fertilizante químico se aplicó a los 45 días después de la siembra.

La variedad empleada para este estudio fue la llamada por los agricultores “Palmireña”, que es un material vegetal usado ampliamente en la zona de estudio; el manejo agronómico diferente a la fertilización se realizó de acuerdo a las prácticas realizadas por los productores de la zona.

En cosecha y según el índice de madurez (IDM) se evaluó Grados brix (GB), altura de planta (AP), diámetro de tallos (DT), longitud de entrenudos (LE), total de entrenudos (TE), índices de crecimiento (IC), población de tallos por hectárea (PTH).

En laboratorio, de cada una de las muestras de 5 kilos por unidad experimental que se envió a Estación Experimental CIMPA de Corpoica, se evaluó toneladas de caña por hectárea (TCH), toneladas de jugo no clarificado por hectárea (TJNCH), toneladas de cogollos por hectárea (TCogH), toneladas de palma por hectárea (TpalH), toneladas de panela por hectárea (TPH), % de extracción de jugo no clarificado (%JNC), porcentaje de rendimiento a panela (% panela) y toneladas por hectárea de cachaza (TCZaH), sólidos solubles totales (SST), pH, porcentaje de sacarosa (%Sac), pureza del jugo (P), azúcares reductores (AR) y partes por millón de fósforo (ppmP). Considerando estas dos fases de evaluación importantes en la determinación de los parámetros de calidad y productividad de la caña panelera.

Se realizó un análisis de varianza y para aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas, se utilizó una prueba de comparación de promedios de Tukey. Además se obtuvo los costos totales de producción de cada tratamiento obteniendo el total de los ingresos brutos y netos obtenidos con los tratamientos por los productores, esto con el fin de obtener una rentabilidad estimada que permita la recomendación de uno o más

tratamientos en la competitividad de los productores paneleros de Nariño. Perrin *et al.*, (1976).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro 2, correspondiente al análisis de varianza para las variables determinadas en la primera fase de evaluación cosecha en campo, Grados brix (G.B.), índice de madurez (IDM), altura de planta (A.P.), diámetro de tallos (D.T.), longitud de entrenudos (L.E.), total de entrenudos (T.E.), índices de crecimiento (I.C), población de tallos por hectárea (PTH). No se encontró diferencias significativas.

**Cuadro 2.** análisis de varianza para las variables determinadas Grados brix (G.B.), índice de madurez (IDM), altura de planta (A.P.), diámetro de tallos (D.T.), longitud de entrenudos (L.E.), total de entrenudos (T.E.), índices de crecimiento (I.C), población de tallos por hectárea (PTH).

F de V	GL	PT /Ha	AP / m	DT / cm	LE
<b>Tratamientos</b>	8	455018400 ns	0.02952315 ns	0.03859259 ns	1.02122500 ns
<b>Bloques</b>	2	1545583687 *	0.11955926 ns	0.06330370 ns	0.39231111 ns
<b>Error</b>	16	325786121	0.03727176	0.04748704	0.61025278
<b>Total</b>	26				
<b>CV%</b>		13.46	7.73	7.36	7.35

Continuación.

F de V	GL	No E	IDC	IDC	GBC	IDM
			Entren / mes	Cm / mes		
<b>Tratamientos</b>	8	2.84814815 ns	0.00943426 ns	0.95752593 ns	1.12254167 ns	0.00603993 ns
<b>Bloques</b>	2	3.59259259 ns	0.01160370 ns	3.93463704 ns	4.51301111 ns	0.01992959 ns
<b>Error</b>	16	2.62592593	0.00873704	1.21012870	0.40241944	0.01075251
<b>total</b>	26					
<b>CV%</b>		6.88	6.95	7.71	3.28	12,33694

En laboratorio se puede observar que únicamente para las variables porcentaje de conversión a panela, (% panela), cantidad de azúcares reductores (AR) y partes por millón de fósforo (Pppm) se encontraron diferencias estadísticamente significativas, mientras que para las demás variables en estudio para esta fase no se encontraron dichas diferencias (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Análisis de varianza para las variables población de tallos por hectárea (PTH), toneladas de caña por hectárea (TCH), toneladas de jugo no clarificado por hectárea (TJNCH), toneladas de cogollos por hectárea (TCogH), toneladas de palma por hectárea (TPalH), toneladas de panela por hectárea (TPH), % de extracción de jugo no clarificado (%JNC), porcentaje de rendimiento a panela (% panela) y toneladas por hectárea de cachaza (TCZaH) sólidos solubles totales (<sup>0</sup>Brix), pH, porcentaje de sacarosa (%Sac), pureza del jugo (Pure), azúcares reductores (AR) y partes por millón de fósforo (ppmP) de dos sistemas de siembra y niveles de fertilización en caña panelera en el municipio de Consaca departamento de Nariño.

<b>F de V</b>	<b>GL</b>	<b>Brix</b>	<b>pH</b>	<b>%Sac</b>	<b>pure</b>	<b>AR</b>	<b>ppmP</b>
Tratamiento	8	1,73ns	0,01ns	7,23ns	10,01ns	6,38**	18037,83**
Bloque	2	131,9ns	0,49*	98,06*	371,13*	1,01ns	3133,00ns
Error	16	29,92	0,11	23,08	59,63	0,32	1024,12
Total	26						
CV %		5,56	6,01	4,8	8,83	5,25	5,22

Continuación.

<b>F de V</b>	<b>GL</b>	<b>PTH</b>	<b>TCH</b>	<b>TJNCH</b>	<b>TCogH</b>	<b>TPalH</b>	<b>TPH</b>
Tratamiento	8	444166144.0 ns	668.73 ns	223.94 ns	35.98 ns	45.52 ns	8.31 ns
Bloques	2	1290518528.0 *	5072.50 ns	1752.16 ns	159.44 ns	536.65 *	87.81 *
Error	16	345288704.0	1572.32	516.71	67.14	113.17	24.11
Total	26						
C.V %		14.03	26.30	27.62	39.76	34.63	29.93

Continuación.



<b>F de V</b>	<b>GL</b>	<b>%JNC</b>	<b>% Panela</b>	<b>TCzaH</b>
Tratamiento	8	2.17 ns	1.92 **	12.13 ns
Bloques	2	3.39 ns	1.19 ns	30.48 *
Error	16	0.982	0.404	6.24
Total	26			
CV %		1.82	5.88	43.58

ns. No hay diferencias

\*diferencias significativas

\*\*diferencias altamente significativas

Este comportamiento puede explicarse desde el punto de vista del empleo de la fertilización orgánica en el sistema productivo de caña panelera, al respecto la fundación MCCH del Ecuador en 2008 afirma que La diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande.

**Cuadro 4.** Comparación promedios de Tukey para la variable % de conversión a panela, azúcares reductores y P (ppm) de dos sistemas de siembra y niveles de fertilización en caña panelera en el municipio de Consaca departamento de Nariño.

<b>Tratamiento</b>	<b>AR</b>	<b>P (ppm)</b>	<b>% panela</b>
<b>8</b>	13.2000 A	595.00 D C	11.73 AB
<b>6</b>	12.1000 B A	594.00 D C	12.02 A
<b>9</b>	12.0000 B A	753.00 A	10.25 AB
<b>2</b>	11.4000 B C	706.00 B A	10.25 AB
<b>5</b>	10.7000 B C D	650.00 B C	10.28 AB
<b>7</b>	10.6000 B C D	593.00 D C	11.23 AB
<b>3</b>	9.9000 E C D	543.00 D	10.49 AB
<b>1</b>	9.5000 E D	514.00 D	9.67 B
<b>4</b>	8.5000 E	561.00 D C	11.38 AB

\*Promedios con la misma letra no son diferentes estadísticamente

La prueba de comparación de promedios de Tukey mostrada en el cuadro 4, para la variable porcentaje de rendimiento a panela, muestra que los tratamientos uno y seis se diferencian estadísticamente entre sí. Cabe anotar también que a su vez estos dos tratamientos no se diferenciaron estadísticamente con los demás tratamientos en evaluación que presentaron rendimientos comprendidos entre 10,25 a 11,73%.

Estudios realizados por Cabrera *et al.*, (2010), afirman que la dosis adecuada de cada nutriente depende de un factor interno, determinado genéticamente por las exigencias de cada variedad, y numerosos factores externos, que influyen sobre la cantidad de nutrientes que queda a disposición de la planta y es aprovechado por ella.

Por su parte, Torres (2006), afirma que la panela producida por unidad de área y de tiempo es el producto económicamente útil de la caña, y que la cantidad de esta panela producida depende de la producción de tallos, diámetro, entrenudos, longitud de tallos y del contenido de sacarosa en los mismos. Además, Lazcano (2002), sostiene que la fertilización balanceada provee los nutrientes suficientes y en las proporciones adecuadas para un desarrollo, diferenciación y maduración óptima del cultivo. Además, es aquella que junto con un buen clima y manejo del cultivo permitirá la explotación o expresión del máximo potencial genético de esa planta en particular.

Cuando se establecen cultivos a partir de semillas de agricultores y con un buen porcentaje de brotación de yemas, en terrenos con pendientes mayores a 30% CORPOICA y SENA, 1998 recomiendan establecer un sistema de siembra por mateado estableciendo de 2 a 3 yemas por sitio cada 25 cm y de 1,30 y 1,50 metros entre surcos, logrando de esta manera obtener rendimientos similares a los del sistema a chorrillo.

Por otra parte Osorio, 2007 afirma que el sistema de siembra en chorrillo es recomendado cuando se utiliza en terrenos que tengan una pendiente menor del 30% y que de cierta manera depende de la calidad de la semilla para garantizar una densidad adecuada de siembra. Estos motivos nos pueden llevar a suponer la eficiencia de los sistemas propuestos en esta investigación en cuanto a asimilación de nutrientes y cantidad de materia prima

necesarias para la producción de caña panelera puede estar dada por las diferencias mostradas en estos factores.

En la prueba de comparación de promedios de Tukey (cuadro 4), se puede observar que para la variable AR, el mayor valor fue obtenido por el tratamiento ocho, (sistema de mateado y fertilización del agricultor) con 13,2%, sin diferenciarse estadísticamente con los tratamientos seis y nueve, que presentaron valores de 12,1% y 12 % respectivamente; los tratamientos uno, tres y cuatro no presentaron diferencias significativas entre si y mostraron los menores promedios con valores que oscilaron entre 8,5 y 9,9%.

La determinación del contenido de azúcares reductores se constituye un método para la determinación del grado de madurez de la caña de azúcar; esta determinación preferiblemente se debe hacer tres o cuatro meses antes de la cosecha. En este sentido (SASTA, 1997) encontró que a medida que la caña madura, el contenido de sacarosa se incrementa, en tanto que los azúcares reductores disminuyen, siendo estos valores útiles en la determinación de curvas o gráficos de maduración para determinadas variedades.

Entre los azúcares más sencillos que se encuentran en las plantas de caña se tiene la glucosa y la fructosa (azúcares reductores), que existen en los jugos de caña en diferentes proporciones. La calidad del azúcar crudo y de otros productos como el color y el grano (dureza) de la panela dependen, en parte, de la proporción de estos azúcares reductores, los cuales cuando aumentan por causa del deterioro o falta de maduración de la planta, pueden producir incrementos en el color y grano defectuoso de la panela (Clarke *et al.*, 1986). Esta variable es más importante en la caña panelera que en la de azúcar en donde la cristalización comercial dependen de otros azúcares diferentes presentes en los jugos.

De acuerdo al Cuadro 4. Comparación promedios de Tukey para la variable P (ppm) de dos sistemas de siembra y niveles de fertilización en caña panelera en el municipio de Consaca departamento de Nariño, El mayor promedio de fosforo en panela se obtuvo con el tratamiento nueve que no presento diferencias estadísticas con el tratamiento dos, Los tratamientos uno y tres representaron los menores valores para esta variable sin presentar

diferencias estadísticas entre ellos. el rango de valores obtenidos para esta variable estuvo entre 514 y 753 P(ppm).

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos afirmar que los niveles de fertilización afectan aun mas que el sistema de siembra la presencia de estos azucres, debido posiblemente a las causas mencionadas en el porcentaje de conversión a panela, por cuanto se puede hablar de la eficiencia de la fertilización para estos aspectos, siendo mejor los tratamientos que incluyen el componente orgánico en la obtención de cualidades adecuadas para panela de calidad.

### **ANALISIS ECONOMICO**

En el cuadro 6, se muestran los costos totales de producción por hectárea que consideran prácticas agronómicas e insumos, así como también los ingresos y rentabilidad de cada tratamiento. Se puede observar que para todos los tratamientos se obtuvo una rentabilidad mayor al 50 % e inferior al 100%. De acuerdo a la discusión anterior el tratamiento seis presento diferencias con todos los demás en cuanto porcentaje de caña transformado a panela, considerando que al no haber diferencias significativas en producción de tallos y panela por hectárea, esta variable se podría considerar como indicador para una recomendación de tipo económico siempre y cuando el agricultor se comporte como transformador, en la mayoría de ocasiones el valor adicional recibido por la transformación de la caña queda en manos de intermediarios que compran la producción, razón que lleva a mencionar al tratamiento seis como el de mejor comportamiento en cuanto a rentabilidad.

En el mismo cuadro se puede observar que los sistemas de producción en chorrillo y en mateado influyen en los costos de producción y por lo tanto en la rentabilidad de la actividad económica del cultivo de la caña, siendo el segundo sistema el que ofrece mayores rentabilidades para la zona en estudio.

**Cuadro 6.** Costos e ingresos por hectárea de diferentes niveles de fertilización y dos sistemas de siembra de caña panelera en el municipio de Consaca departamento de Nariño.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	TOTAL COSTO POR HECTAREA	INGRESOS BRUTOS (Kg panela * \$ 825)	INGRESOS NETOS	RENTABILIDAD %
1	Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con fertilización del agricultor	8788474,791	13508641,82	4720167,03	53,709
2	Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con abono orgánico	7708804,73	12677613,87	4968809,14	64,456
3	Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con fertilización química	8777104,285	14730261,64	5953157,35	67,826
4	Chorrillo sencillo a 1.30 m entre surcos con mezcla de fertilización química y abono orgánico	8159807,858	13739162,25	5579354,39	68,376
5	Sistema mateado con abono orgánico	7979699,582	14331287,36	6351587,77	79,597
6	Sistema mateado con fertilización química según análisis de suelos	8054922,465	15686902,74	7631980,28	94,749
7	Sistema mateado con mezcla de fertilización química y abono orgánico	8264512,009	13500676,57	5236164,56	63,357
8	Sistema mateado con fertilización del agricultor	7374616,297	13129823,65	5755207,35	78,041
9	Sistema chorrillo x Sistema mateado sin fertilización	6395828,219	10914975,69	4519147,47	70,658

## CONCLUSIONES

El tratamiento seis correspondiente a sistema de siembra mateado con fertilización química de acuerdo a análisis de suelos, el cual presentó el mayor promedio de conversión a panela y este a su vez no presenta diferencia con las demás excepto del tratamiento uno que corresponde a sistema de siembra chorrillo con fertilización del agricultor.

Para la variable azúcares reductores, el mayor valor fue obtenido por el tratamiento ocho, (sistema de mateado y fertilización del agricultor) con 13,2%, sin diferenciarse estadísticamente con los tratamientos seis y nueve, que presentaron valores de 12,1% y 12 % respectivamente; los tratamientos uno, tres y cuatro no presentaron diferencias significativas entre sí y mostraron los menores promedios con valores que oscilaron entre 8,5 y 9,9%.

Para la variable Partes por millón de fósforo, (ppm) el mayor promedio de fósforo en panela se obtuvo con el tratamiento nueve que no presentó diferencias estadísticas con el

tratamiento dos, Los tratamientos uno y tres representaron los menores valores para esta variable sin presentar diferencias estadísticas entre ellos.

Los mayores valores obtenidos en laboratorio para azúcares reductores, se presentaron en el tratamiento 8 (sistema mateado y fertilización del agricultor), indicando que la fertilización realizada por los productores puede incrementar estos valores, logrando por lo tanto panela de mayor calidad.

La rentabilidad de los tratamientos mostro en todos los casos valores superiores al 50% siendo los tratamientos cinco y seis los más recomendables en este aspecto demostrando además que el sistema de mateado presenta para los agricultores mayores oportunidades de ingreso.

Se recomienda continuar con el estudio sobre el ajuste de prácticas culturales en el cultivo de caña panelera con el fin de analizar los efectos evaluados sobre los rendimientos y calidad de panela obtenidos en cortes posteriores, con el propósito de determinar el punto de estabilización en la producción de panela en la zona productora de Nariño.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AGRONET, 2010. Análisis estadísticas, consulta: 26 de Noviembre del 2011, disponible en: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/>
- ARIAS, B. 1991. Caracterización de la agroindustria de la panela en Guatemala. Guatemala, CUNSUR/USAC. (mimeo). Boletín do Dese. 2003. Número 132 Octubre 2003. Brasil. p. 29.
- CABRERA, J. ZUAZNÁBAR, R. 2010. Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización nitrogenada en un experimento de larga duración con 24 cosechas acumuladas. Cultivos Tropicales 31 (1). 93-100 p.

- CAMPUZANO L., BOLAÑOS, A.. 2003. Difusión del manejo de control biológico en la caña panelera en cinco municipios de la zona sur occidente del departamento de Nariño, San Juan de Pasto, Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria. CORPOICA, p.19.
- CASTILLO, A. 2001. Acuerdo de competitividad de caña panelera en Nariño - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA – Cámara de Comercio de Pasto.
- Castro, H. 2004. Propuesta guía de indicadores analíticos para calificar suelos estables y en proceso de degradación desde el punto de vista físico En: memorias taller Nacional sobre indicadores de calidad del suelo, CIAT, Palmira, Valle, Colombia. p. 37-42.
- CERVANTES, M. 2010. Abonos orgánicos. Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. CAMPOMAR, consulta: julio 19 del 2010. Disponible en: [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm).
- Clarke, M; Blanco, R; y Godshall, M. 1986. Colorant in raw sugars. Proceedings Intern. Soc. Sugar Cane Technol. (ISSCT) 2 : 670-682.
- Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria CORPOICA – SENA. 1998. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Bucaramanga (Colombia). p. 101. 102.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE PANELA (FedePanela). Sistema de información panelero versión 2011. En: <http://www.sipa.org.co/2011/index.php>. Consultado 1 de agosto del 2011.
- GARCÍA, B. H. 2004. Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera. Programa de procesos agroindustriales. CORPOICA. C. I. Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca (Colombia). p. 56.

- MANRIQUE, E. R. 2000. Manual de caña de azúcar para la producción de panela. CORPOICA, E. E. Cimpa. Barbosa, Santander. Colombia. 154 p.
- MANRIQUE, E.R. e INSUASTI, 2000. Programa de procesos agroindustriales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA – E. E. CIMPA. Barbosa, Santander. p 31- 32.
- MUÑOZ, A. R. 1976. Suelos, nutrición y fertilización de caña para panela. Medellín (Colombia). p 23. 25.
- OSORIO, G. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela. Ingeniero Agrónomo, Investigador Especialista en Caña Panelera, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. p.19.
- PERRIN, R; WINKELMAN, D; MOSCARDI, E y Anderson, J. 1976 Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual, metodológico de evaluación económica. CYMMIT, México 54P.
- TORRES, J. S. 2006. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde. Serie técnica N° 35. Cenicaña. Cali, Colombia. 165 p.