

## Efecto de la aplicación de cachaza fresca al cultivo de repollo (*Brassica oleraceae* var. *capitata* L.)

### Effect of the Use of Fresh Rum into Cabbage Crops (*Brassica Oleraceae* Var. *Capitata* L.)

Andrés Esteban Plata Mujica<sup>1</sup>, Fabio Emilio Forero Ulloa<sup>2</sup>, Helber Enrique Balaguera López<sup>3</sup> y Pablo Antonio Serrano Cely<sup>4</sup>

#### Resumen

La cachaza fresca de trapiche panelero es un subproducto de la producción de panela. En la Hoya del Río Suárez este material es arrojado al medio ambiente, lo cual causa contaminación. La cachaza presenta alto potencial como enmienda orgánica y fuente de nutrientes. Con el objetivo de evaluar su efecto sobre el cultivo de repollo, se aplicaron 5 dosis de cachaza fresca al suelo (0, 5, 10, 15 y 20 t·ha<sup>-1</sup>), la mezcla de 10 t·ha<sup>-1</sup> cachaza y 50% del requerimiento de fertilización química, y la totalidad de la fertilización química. Se utilizó un diseño completamente al azar. La cachaza fue aplicada 20 días antes del trasplante y en la cosecha se evaluó el rendimiento, área foliar, masa fresca y masa seca. Con diferencias estadísticas, el mejor tratamiento fue la mezcla de 10 t·ha<sup>-1</sup> cachaza y

#### Abstract

The fresh rum from sugar mills is a by-product of the manufacturing of the brown sugar loaf. In the Hoya del Río Suárez it becomes in a waste that causes pollution in the environment. At the same time it represents a possible group of organic soil amendments and a potential source of nutrients. In order to evaluate its application over cabbage crops, five (5) doses of fresh rum (0, 5, 10, 15 and 20 t·ha<sup>-1</sup>), the mix of 10 t·ha<sup>-1</sup> from fresh rum and 50% from the requirement of chemical fertilization, and the whole chemical fertilization were applied into the soil. The methodological design was completely randomized. The fresh rum was applied 20 days before transplanting. By the harvest of the crops the performance, the leaf area, the fresh mass from the head, root and

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Correo: andre8\_2@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Correo: guatoquero@gmail.com

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo. Estudiante Maestría Ciencias Agrarias. Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Correo: enrique\_balaguera@yahoo.com.

<sup>4</sup> Docente. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Correo: pserrancely@gmail.com

50% del requerimiento de fertilización química, el cual fue responsable del mayor rendimiento del cultivo, área foliar, masa fresca de cabeza, raíz y total, masa seca de cabeza, hojas y total. Con 0 y 20 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza no hubo formación de cabeza en las plantas, por deficiencias y excesos nutricionales, respectivamente. Así, la cachaza fresca en mezcla con el fertilizante químico se convierte en una buena alternativa de fertilización del cultivo de repollo, lo cual, a la vez, permite darle un uso adecuado a este material orgánico.

**Palabras clave:** materia orgánica, nutrición mineral, productividad, fertilización

the total fresh mass; and the dry mass from the head, root and the total dry mass were evaluated. With 0 and 20 t·ha<sup>-1</sup> concentrations of fresh rum there was not any formation of the head in the plants, because of there were deficiencies or excesses of nutrients, respectively. Fresh rum mixed with chemical fertilizing becomes into a good choice from fertilization of the cabbage crops, and at the same time, it is a good way of using this organic matter.

**Key words:** organic matter, mineral nutrition, productivity, fertilization.

## Introducción

El repollo (*Brassica oleraceae* var. *capitata* L.) es un alimento de gran aceptación, bajo costo y de gran importancia socioeconómica por su excelente composición nutricional, propiedades terapéuticas y gran versatilidad de consumo en estado natural e industrializado (Souza, 1998). Para el año 2007, en Colombia se sembraron 3.153 ha de repollo con una producción nacional de 127.996 t y un rendimiento de 40,6 t·ha<sup>-1</sup>, lo cual indicó una participación del 1,39% de los cultivos transitorios. Se destacan por su producción, en orden, los departamentos de: Antioquia, Nariño, Cundinamarca, Valle del cauca, Boyacá, Tolima, Norte de Santander y Caldas, con Antioquia como el departamento con mayor rendimiento (53,4 t·ha<sup>-1</sup>) (Agronet, 2009).

La cachaza es un material marrón oscuro, constituido por una mezcla de fibra de caña, sacarosa, coloides, coagulados (incluyendo la cera), fosfato de calcio y partículas de suelo (Zurro, 2005). Es considerada como el subproducto más importante de los ingenios azucareros y, en la agroindustria artesanal de la producción de panela, con cierto potencial como fertilizante y mejorador de las propiedades físicas del suelo (Zérega, 1993), aunque producida en volúmenes considerables, pero que, muy frecuentemente, es vertida a los cursos de agua o arrojada en las zonas circundantes al trapiche y, debido a que tiene alta demanda bioquímica de oxígeno, causa eutrofización de las fuentes hídricas. Además, cuando queda al aire libre genera malos olores, atracción de insectos, roedores y otras plagas. Estas situaciones hacen que la cachaza fresca sea un grave problema de contaminación ambiental.

En las zonas productoras de panela se utilizan el 47% de cachaza fresca como alimento para animales domésticos y el 53% restante, que corresponde a 21.812 t·año<sup>-1</sup>, es abandonada al aire libre (Rodríguez y Gottret, 2006). A pesar de esto, los productores de caña desconocen el alto potencial de la cachaza como enmienda orgánica y fertilizante, que puede también

corroborarse en la disminución del uso de fertilizantes sintéticos. No obstante, debe ser aplicada en grandes cantidades por su alto contenido de agua; por tanto, su posible uso puede estar enfocado a huertas hortícolas de pancoger de la zona, como el repollo, que se caracterizan por menor área de cultivo.

Forero (2009), caracterizó químicamente la cachaza de trapiche panelero en la “Hoya del Río Suárez” y determinó un alto contenido de Fe, Cu, Zn y Mn, muy por encima de lo encontrado para la cachaza de ingenio. Estos microelementos se ubicaron dentro de los rangos citados por Costa et al. (1991), convirtiendo a la cachaza panelera en una enmienda orgánica con alto potencial para ser utilizada principalmente como fuente de elementos menores. No obstante, difiere significativamente en el valor del pH, de tal forma que la cachaza de ingenio presenta una reacción alcalina (Zérega, 1993, ; Arrieche y Mora, 2005), mientras que la cachaza panelera es extremadamente ácida, sin embargo, se ha encontrado que aumenta el pH del suelo (Zérega, 1993).

Por otro lado, el repollo es una planta que crece en suelos fértiles livianos y con buen contenido de materia orgánica, donde la fertilización puede ser suplida mediante materiales orgánicos con resultados favorables, como lo reporta Fontanetti et al. (2006), lo cual, además, disminuye los costos de producción, minimiza el negativo impacto ambiental y produce un producto hortícola más limpio y de mayor calidad. Según Souza (1998), algunas especies hortícolas, como el repollo, se adaptan fácilmente al sistema de producción orgánico, ya que por ser exigente en nitrógeno y potasio responde positivamente a la fertilización orgánica. Con la aplicación de estiércol descompuesto en la producción convencional de repollo, se concluyó que la utilización de 50 t·ha<sup>-1</sup> de estiércol prescinde de la suplementación mineral (Silva-Junior, 1991).

Arrieche y Mora (2005), afirman que la Cachaza es muy importante en la producción agrícola,

como aporte de materia orgánica, masa microbiana (Khan et al., 2008) y nutrientes (Paturau, 1969). También se ha encontrado que afecta la salinidad (Rasul et al., 2006), corrige acidez del suelo (Zérega, 1993) y presenta alto potencial como mejorador de las propiedades físicas del suelo (Prasad, 1976).

Maccio y Miranda (2007), en un experimento para suplir la urea a base de cachaza y lombricompost, lograron resultados positivos con un rendimiento de 5.400 Kg de azúcar por ha (900 Kg de caña por surco). Matheus (2004), evaluó el efecto de 4 dosis de biofertilizante a base de cachaza y bagazo (4, 6 y 8 t·ha<sup>-1</sup>), fertilización química convencional (159 kg·ha<sup>-1</sup> N, 90 kg·ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 90 kg·ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) y una mezcla de 2 t·ha<sup>-1</sup> de biofertilizante + ½ dosis del fertilizante químico en el cultivo de maíz, y encontró que al mezclar la fertilización química y biofertilizante se logró la mejor respuesta en variables vegetativas y de rendimiento de maíz.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de cachaza al cultivo de repollo (*Brassica oleracea*) con el fin de aumentar la producción de este cultivo,

encontrar otra alternativa de fertilización y darle un uso adecuado a la cachaza fresca de trapiche panelero.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Granja de las flores de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la ciudad de Tunja (Boyacá), la cual está localizada a 2.690 msnm, latitud 5° 33´ norte y longitud 73° 24´ oeste. La temperatura promedio durante el experimento fue de 14,8 °C y la humedad relativa del 76,5%.

Se emplearon plantas de repollo Bola Verde, que se adapta a condiciones de clima medio a frío (1.600-2.600 msnm); la cosecha se puede realizar a los 90 días y puede alcanzar rendimientos de 35 t·ha<sup>-1</sup> (Semicol, 2009). Las plantas se sembraron en materas plásticas con capacidad para 5 L. de sustrato (suelo), distanciadas a 0,4 m entre plantas y surcos. Los resultados del análisis de laboratorio, para el suelo utilizado, se reportan en la tabla 1, con el fin de determinar las condiciones de fertilidad. La cachaza fresca de trapiche panelero fue traída del municipio de Chitaraque (Boyacá).

Tabla 1. Resultados del análisis de suelos

Propiedad	Valor	Unidades	Nivel Crítico
Densidad Aparente	1,23	g/cm <sup>3</sup>	Adecuada
Porosidad	48	%	Media baja
Arena	21	%	Textura Franco Arcillosa
Limo	40	%	
Arcilla	39	%	
pH	5,3	Escala	Muy ácido
MO	3,17	%	Baja
Ca	7,95	cmol/kg de suelo	Alto
Mg	3,73	cmol/kg de suelo	Alto
K	0,76	cmol/kg de suelo	Alto
Na	0,36	cmol/kg de suelo	Medio
P	27,9	mg/kg	Medio
Fe	98,9	ppm	Medio
Mn	6,11	ppm	Medio
Cu	1,11	ppm	Bajo
Zn	2,19	ppm	Bajo

Se utilizó un diseño completamente al azar con siete tratamientos, que correspondieron a la adición de cinco dosis de cachaza fresca de trapiche panelero al suelo (0, 5, 10, 15 y 20 t·ha<sup>-1</sup>), la mezcla de 10 t·ha<sup>-1</sup> cachaza y 50% del requerimiento de fertilización química (C + Q), y un testigo comercial, que fue el suministro de fertilizante químico (Q) basado en el análisis de suelos y los requerimientos del cultivo, según Guerrero (1998). El experimento tuvo diez repeticiones, para un total de 70 unidades experimentales (UE); cada UE estuvo compuesta por una planta de repollo. La composición química de la ca-

chaza fresca de trapiche panelero se reporta en la tabla 2.

La aplicación e incorporación de la totalidad de la cachaza se realizó 20 días antes del trasplante del repollo, con el fin de que reaccionara y perdiera el efecto fitotóxico debido al alto contenido de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (Zérega, 1993) y porque se aumenta considerablemente la temperatura debido a procesos de fermentación. El suelo se mantuvo siempre húmedo para asegurar la reacción y descomposición de la cachaza. Cumplidos los 20 días se llevó a cabo el trasplante de las plántulas de repollo.

Tabla 2. Composición química de la cachaza fresca de trapiche panelero

Atributo	Valor	Unidades
Ceniza	8,9	%
Humedad	49,625	%
Materia seca	50,375	%
MO	21,1	%
CO	12,23	%
N	1,15	%
Ca	6,52	%
Mg	0,66	%
K	0,735	%
Na	0,3	%
P	0,074	%
Cu	0,05	%
Zn	0,0755	%
Mn	0,057	%
Fe	0,0465	%
CE	3,7	dS·m <sup>-2</sup>
pH	4	Escala
C/N	10,445	Adimensional

Fuente: Forero (2009).

El 50% de la fertilización química (tratamiento comercial y C + Q) se aplicó en presembrado y el 50% restante a los 20 días después del trasplante (ddt). Se optó por aplicar la totalidad del requerimiento del cultivo ya que, de acuerdo con el análisis químico de suelos, los nutrientes en su mayoría estuvieron en niveles medios a bajos. La cantidad de nutrientes aplicada por hectárea fueron: 120 kg·ha<sup>-1</sup> de N; 45 kg·ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 160 kg·ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 100 kg·ha<sup>-1</sup> de Ca y 6 kg·ha<sup>-1</sup> de

MgO (Guerrero, 1998). Estos nutrientes fueron suplidos con las siguientes fuentes: Urea (46% N); Súper fosfato triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); Cloruro de Potasio (60% de K<sub>2</sub>O) y Nitrato de calcio (15% N, 26% CaO). Además, se aplicó Micronfos para suplir los elementos menores y el magnesio en dosis de 100 kg·ha<sup>-1</sup>. El cálculo de la cachaza se realizó por planta, teniendo presente que en una hectárea se siembran 62.500 plantas de repollo; por tanto, las dosis fueron: 0, 80, 160, 240 y 320

g.planta<sup>-1</sup>. El aporte de nutrientes de cada tratamiento se encuentra en la tabla 3.

En la cosecha (110 días después del trasplante), se determinó el Rendimiento (kg·ha<sup>-1</sup>) con base en la masa fresca de la cabeza por planta, teniendo en cuenta que el número de plantas en una

hectárea fue de 62.500, así: Masa fresca (g) de raíz, tallo, hojas, cabeza y total, mediante medición directa en balanza eléctrica de precisión 0,01 g; Masa seca (g) de raíz, tallo, hojas, cabeza y total, después de someter las plantas a 75°C durante 48 horas y Área foliar (cm<sup>2</sup>), con el medidor portátil de área foliar CI-202 Seedmech.

Tabla 3. Aporte de nutrientes de cada tratamiento (g.planta<sup>-1</sup>)

Item	Aporte	0	80	160	240	320	160+1/2Q	Q
	%	g.planta <sup>-1</sup>						
MO	21,1	0	16,88	33,76	50,64	67,52	33,76	-
CO	12,23	0	9,784	19,56	29,34	39,13	19,56	-
N	1,15	0	0,92	1,84	2,76	3,68	2,8	1,92
CaO	6,52	0	5,21	10,42	15,63	20,84	11,22	1,6
MgO	0,66	0	0,528	1,056	1,58	2,11	1,104	0,096
K <sub>2</sub> O	0,735	0	0,588	1,176	1,76	2,35	2,45	2,56
Na	0,3	0	0,24	0,48	0,72	0,96	0,48	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,074	0	0,06	0,12	0,18	0,24	0,48	0,72
Cu	0,05	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,086	0,012
Zn	0,0755	0	0,06	0,12	0,18	0,24	0,137	0,035
Mn	0,057	0	0,045	0,09	0,135	0,18	0,0925	0,005
Fe	0,0465	0	0,037	0,074	0,111	0,148	0,114	0,08

Para la interpretación de los datos se realizó un análisis de varianza convencional (Anova) y se utilizó la prueba de comparación de promedios de Tukey con una confiabilidad del 95 %. El paquete estadístico que se manejó fue el programa SAS v. 8.1e.

## Resultados y discusión

El rendimiento o productividad del repollo presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ). Los tratamientos de 0 y 20 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza no indujeron la formación de cabeza; por tanto, la producción fue 0 t·ha<sup>-1</sup> de repollo. De las aplicaciones de sola cachaza el mayor rendimiento se obtuvo con 10 t·ha<sup>-1</sup>, mientras que el mejor tratamiento fue la aplicación de 10 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza, junto con el 50% de la fertilización química, el cual produjo 19,5 t·ha<sup>-1</sup> de repollo (Figura 1).

El mayor rendimiento encontrado con la aplicación de cachaza y fertilizante químico, se debe principalmente a que este tratamiento suple una mayor cantidad de nutrimentos, tanto de rápida, como de lenta liberación por la naturaleza de cada uno de los dos materiales. Esto permite tener una buena disponibilidad de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo. Igualmente, la cachaza como material orgánico potencializa la absorción de nutrientes por las plantas de repollo y aumenta su eficiencia al retenerlos y evitar su lixiviación.

Esta respuesta probablemente fue determinada por la disponibilidad inmediata de nutrimentos suministrados a través del fertilizante químico, particularmente nitrógeno que es un elemento estrechamente vinculado con la producción de biomasa (Mogollón, 2000). Además, el incremento en la dosis de aplicación del

biofertilizante corresponde a una mayor cantidad de nitrógeno disponible. Los fertilizantes químicos, siendo sales solubles, tienen disponibilidad inmediata y garantizan el suministro de nutrientes de acuerdo con las exigencias nutricionales en las diversas fases de crecimiento del cultivo (Mogollón, 2000). Efectos favorables de la aplicación de cachaza sobre el rendimiento también fueron encontrados por Forero (2009), quien determinó que el suministro de cachaza al suelo aumentó el rendimiento, número de granos y peso de granos de maíz, respecto de la fertilización química.

Diversos estudios concuerdan con los resultados encontrados en este experimento. En investigaciones realizadas sobre distintos suelos, se determinó que los efectos fertilizantes de la cachaza se pueden esperar desde los 3 meses después de su aplicación, y su acción residual se puede prolongar hasta 3 años para algunos nutrientes. Se recomienda aplicar K-cachaza como mantenimiento y, en caso de déficit en suelo, es aconsejable suplementarlo con adiciones de fuentes químicas de este nutriente, manteniendo el pH del suelo entre 5,5 y 7,5, en proporción con los contenidos de calcio y magnesio. Estos últimos generalmente aumentan su disponibilidad con las aplicaciones de cachaza (Prasad, 1976; Zérega, 1993).

Matheus (2004), observó un aumento en el rendimiento del cultivo en esta misma especie con la mezcla de biofertilizante a base de cachaza y fertilizante químico, sin diferencias sobre la fertilización comercial, pero sí sobre la aplicación del sólo biofertilizante, con disminución en el rendimiento en función de la reducción de la dosis de biofertilizante (4, 6 y 8 t·ha<sup>-1</sup>), lo cual coincide parcialmente con los resultados de la presente investigación.

Por otro lado, los abonos orgánicos generalmente son considerados como productos de baja concentración mineral y lenta liberación, en los cuales el suministro de nutrientes está determinado por factores que regulan la

mineralización y humificación; éstos son procesos dinámicos de gran complejidad, cuya evolución dependerá de los aspectos climatológicos y de las características propias de cada sistema de producción (Bernal et al., 1998).

No obstante, el fósforo contenido en la cachaza es rápidamente disponible y produce un mejor efecto en suelos pobres. Puede resultar más efectivo que el superfosfato triple a niveles equivalentes de este elemento, particularmente en suelos donde haya posibilidad de fijación, existiendo menos factibilidad de fijación con el fósforo-cachaza por su naturaleza orgánica, su efecto residual pueda extenderse hasta por tres años (Zérega, 1993). Así mismo, Zérega et al., (1998) describieron un aumento sustancial de los contenidos de P en el suelo con tratamientos de cachaza, lo cual siempre ocurre al adicionar esta enmienda en cantidades relativamente altas (Zérega, 1993), particularmente cuando se mezcla con las fuentes químicas de N-P-K.

Dematte et al. (2002) confirman que la cachaza es considerada un excelente fertilizante; además de propiciar mejores condiciones para la emergencia de la caña, aumenta considerablemente su producción, aunque mezclada con N y P no aumentó la producción, por lo que llevó a Prasad (1976) a concluir que se debe adicionar P cuando se aplican niveles superiores a 20 t·ha<sup>-1</sup>. Una de las formas para optimizar su aprovechamiento es mezclarla con fosfatos naturales, ya que la cachaza tiene la capacidad de mejorar la solubilidad de estos compuestos, aumentando la disponibilidad del P, que cuando se aplica sola. Esta es otra de las explicaciones del mejor efecto encontrado con el tratamiento de cachaza y fertilizante químico sobre el rendimiento del repollo.

Se destaca también la importancia de la aplicación de tratamientos a base de cachaza (5 y 10 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza) que no difirieron estadísticamente de la fertilización química. No obstante, con 20 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza se causó fototoxicidad y las plantas no formaron cabeza; por tanto, el

rendimiento fue 0 t·ha<sup>-1</sup> de repollo, mientras que con 0 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza no hubo la cantidad suficiente de nutrientes y tampoco hubo producción. La fototoxicidad pudo ser debida al alto contenido de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (Zérega, 1993) y porque se aumenta considerablemente la temperatura por procesos de fermentación.

Arrieche y Mora (2005) evaluaron el efecto de la cachaza frente a estiércol de pollo compostados en el rendimiento del maíz, y encontraron mayor

rendimiento con la aplicación de la cachaza. El efecto consistente de la cachaza concuerda con los resultados de Matheus (2004) en maíz.

El tratamiento de 10 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza junto con el 50% de la fertilización química, presentó mayor respuesta (P < 0,01) que los demás tratamientos respecto al área foliar. La menor área foliar se debió al tratamiento de 0 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza, pero sin diferencias estadísticas con el tratamiento de 20 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza (Figura 2).

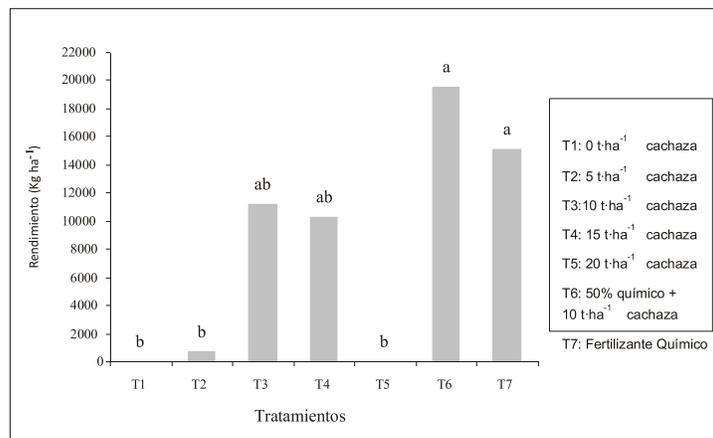


Figura 1. Efecto de la aplicación de cachaza sobre el rendimiento de plantas de repollo. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P < 0,05)

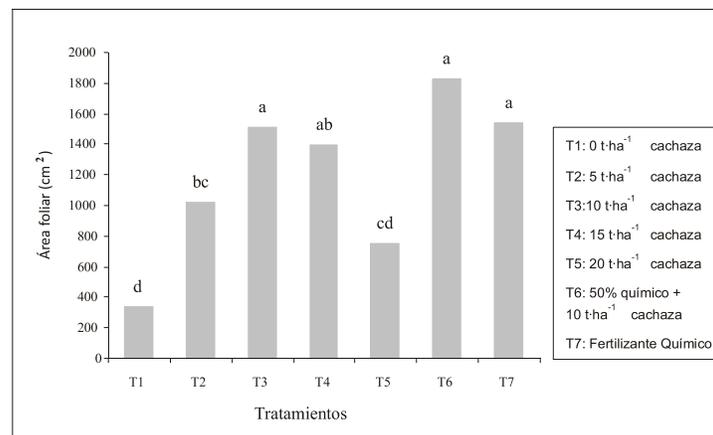


Figura 2. Efecto de la aplicación de cachaza sobre el área foliar de plantas de repollo. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P < 0,05)

Franco (1989) reporta que la glicina es un metabolito fundamental utilizado para la formación de las hojas, siendo el primer eslabón de la ruta biosintética de la clorofila, que permite una mayor eficiencia fotosintética y, por tanto, una mayor expresión del área foliar. Este proceso en repollo se vio favorecido por un mayor suministro de nutrientes proveniente de la aplicación de 10 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza y el 50% de la fertilización química; no obstante, en maíz sí fue posible obtener mayor área foliar con el solo suministro de cachaza respecto del fertilizante químico (Forero, 2009).

Los resultados indican que el contenido de nutrientes proveniente de la cachaza favorece la formación y la expansión de las hojas; no obstante, 20 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza es una dosis bastante alta con alguna sustancia que pudo causar algún tipo de toxicidad y redujo el crecimiento del follaje. De otra parte, con el tratamiento de cachaza y fertilizante químico se asegura un buen nivel de área foliar, porque el suministro de nutrientes es mayor, aún por encima del fertilizante químico, que lo convierte en un buen tratamiento de fertilización para el cultivo de repollo.

Estos resultados coinciden con los reportados por Chaves et al. (2006), quienes encontraron que hubo mayor área foliar en plántulas de la leguminosa *Anadenanthera macrocarpa* (Benth), obtenidas en

un sustrato de una mezcla de bagazo de caña y cachaza (3:2; v:v) y la adición de nitrógeno mineral respecto de las plántulas, que fueron sembradas en el solo sustrato.

La mayor disponibilidad de nutrientes evidenciada a medida que se incrementó la dosis de cachaza en el experimento (hasta 15 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza), pone de manifiesto el efecto positivo de este material orgánico sobre el aumento del área foliar de las plantas de maíz, principalmente por el aporte de nitrógeno, el cual se caracteriza por aumentar la cantidad de follaje (Triboi-Blondel, 1988). Esto concuerda con estudios realizados por Chaves et al. (2006), quienes determinaron que en la obtención de plántulas de maracuyá la cachaza, junto con la fertilización química, presentó buenos resultados, pues el sustrato a base de bagazo de caña + cachaza (3:2:v:v) + 7,3 kg·m<sup>-3</sup> de 14-14-14, fue el responsable de la mayor área foliar.

La masa fresca de cabeza, hojas, tallos, raíz y total presentaron diferencias significativas (P < 0,01). A nivel de cabeza, raíz y total la mayor masa fresca se obtuvo con el tratamiento de 10 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza, junto con el 50% de la fertilización química; en hojas y tallo con 15 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza, mientras que, en todos los casos, la menor masa fresca se logró con el testigo absoluto o 0 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza (Figura 3).

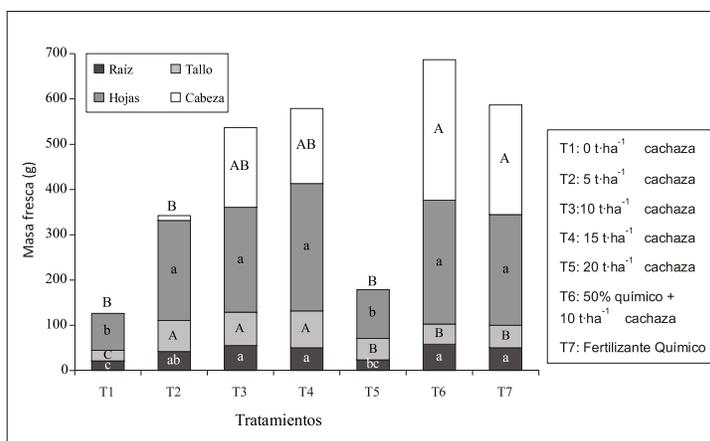


Figura 3. Efecto de la aplicación de cachaza sobre la masa fresca de plantas de repollo. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas en la misma serie según la prueba de Tukey (P < 0,05).

La cachaza es una buena fuente de macroelementos y microelementos (Forero, 2009; Zérega, 1993) necesarios para la nutrición vegetal. Es posible que los nutrientes contenidos en la cachaza panelera utilizada en este estudio, se deriven parcialmente de las partículas que van adheridas a la caña, tal como lo afirma Paturau (1969). También este material es fuente importante de zinc (Zérega, 1993), lo cual concuerda con lo reportado en el análisis de cachaza que se utilizó (Tabla 2).

La cachaza presentó efecto favorable sobre la masa fresca de las plantas de repollo, no sólo por ser fuente de nutrientes, sino también porque presenta otros efectos benéficos sobre el suelo, que van a favorecer la disponibilidad de nutrientes presentes; por ejemplo, Zérega (1993) indica que la cachaza, como enmienda, incrementa temporalmente la capacidad de intercambio catiónica de los suelos por la producción de humus y promueve la liberación de gran cantidad de  $\text{CO}_2$  en su transformación formando  $\text{H}_2\text{CO}_3$  que, junto con otros ácidos orgánicos, disuelve nutrientes. La cachaza puede aumentar el pH del suelo, por su relativo alto contenido de carbonato de calcio (Prasad, 1976), ya que De Camargo et al. (1984) sostiene que la cachaza tiene un poder de neutralización del 25% respecto del  $\text{CaCO}_3$ ; además, se ha encontrado que corrige el aluminio tóxico (Prasad, 1976; Zérega 1993). Todos estos procesos se encargan de aumentar la disponibilidad de nutrientes para que puedan ser tomados por la planta.

La descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes son una importante función de los microorganismos. La cachaza tiene la capacidad de aumentar la biomasa microbial en función de la dosis aplicada; no obstante, también puede causar inmovilización del N inorgánico (Rasul et al., 2006) y disminuir la mineralización de la MO, debido a que

favorece el incremento de la población de hongos (Xavier y Lonsane, 1994), los cuales tienden a ser altos consumidores de N. Ésta podría ser una posible explicación de la disminución de la masa fresca de cabeza, hojas, tallo, raíz y total de las plantas de repollo con la dosis de  $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza. Resultados similares a los de repollo también fueron encontrados en maíz, donde se obtuvo mayor masa fresca total con la aplicación de  $12,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza, aunque esta respuesta fue estadísticamente similar que con la fertilización química (Forero, 2009).

Todas las masas secas presentaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ). El tratamiento de  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza y el 50% de la fertilización química se caracterizó por generar mayor masa seca de cabeza, hojas y total. La mayor masa seca de tallo se obtuvo con  $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza y la más alta de raíz con  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza. En todos los casos el tratamiento de  $0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza fue el responsable de la menor acumulación de masa seca en las plantas de repollo (Figura 4).

La aplicación de  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza y el 50% de la fertilización química suplieron en mayor grado y oportunamente, los requerimientos nutritivos del cultivo; esto hizo que las plantas de repollo estuvieran mejor nutridas y pudieran ser más eficientes en el proceso de fotosíntesis, lo cual finalmente se traduce en mayor producción y acumulación de fotoasimilados (materia seca).

Resultados similares a los encontrados en este estudio fueron reportados por Morgado, (1998), quien determinó que un sustrato a base de cachaza y bagazo (30% y 70%, respectivamente), favoreció la acumulación de masa seca total en la producción de plantas de *Saccharum* spp. Por su parte, Forero (2009) determinó que hubo una mayor masa seca en plantas de maíz con la aplicación de  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de cachaza y esta respuesta fue superior a la encontrada con la fertilización química.

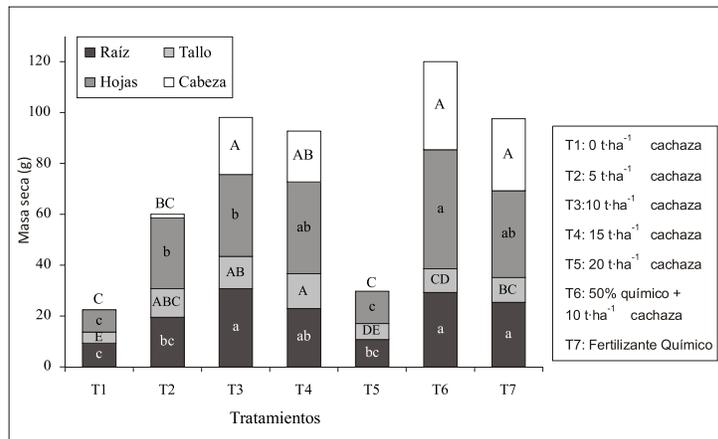


Figura 4. Efecto de la aplicación de cachaza sobre la masa seca de plantas de repollo. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas en cada serie según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ )

También se ha encontrado que, en la obtención de portainjertos de *Citrus limonia*, el sustrato compuesto de una mezcla de bagazo de caña y cachaza (3:2:v:v) permite reducir la aplicación de fertilizante N P K, en relación con el sustrato comercial compuesto de corteza de pino molida y vermiculita. Además, presentó respuesta favorable en la altura de plantas, masa seca aérea y de raíces, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar (Lopes et al., 2006), lo que pone en evidencia la importancia de complementar la aplicación de cachaza con el fertilizante químico, para hacer más eficiente la respuesta en las plantas.

Chaves et al. (2006) determinaron que el sustrato a base de bagazo de caña + cachaza (3:2:v:v) +  $7,3 \text{ kg m}^{-3}$  de 14-14-14, generó mayor masa seca de parte aérea en la obtención de plántulas de maracuyá. Al respecto, Morgado (1998) afirma que la masa seca de la parte aérea es considerada como un buen indicador de la capacidad de resistencia de las plántulas a condiciones adversas después del trasplante.

Por otro lado, en *Brassica chilensis* var. *Parachinensis* se evaluó el efecto de fertilización

química (según análisis de suelos) y orgánica (estiércol de ganado y gallina) y, en concordancia con lo encontrado para repollo (haciendo referencia a los tratamientos de sola cachaza comparados con el fertilizante químico), la fertilización química fue superior a la orgánica respecto de la materia seca de parte aérea, tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, área foliar y relación de área foliar (Ferreira et al., 2002). Estos resultados se explican, como producto de la liberación rápida y en mayor cantidad de nutrientes por parte del fertilizante químico.

Es posible que la adición de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de cachaza debiera hacerse con mayor anterioridad a los 20 días utilizados en este experimento para lograr una adecuada descomposición, que generara efectos positivos en la acumulación de masa seca de las plantas de repollo pues, según Zérega (1993), con altos niveles de cachaza pueden haber liberaciones significativas de N a partir de los tres meses de implantado el cultivo, si es incorporada de seis semanas a tres meses antes de la siembra. Se desconoce la cantidad de N aprovechable que puede liberar la cachaza en

el tiempo, pues esto es controlado por varios factores ambientales, impredecibles, tales como temperatura, humedad y aireación (Zérega, 1993). Arrieche y Mora (2005) encontraron que la materia orgánica se incrementó con el uso de la cachaza, resultado que coincide con lo reportado por Canet et al. (1998).

Además, Zérega (1993) sostiene que la alta relación C/N, que comúnmente presenta la cachaza, provoca la inmovilización del nitrógeno nativo y del aplicado como fertilizante en el suelo, por parte de microorganismos heterotróficos que proliferan en estos casos, lo cual determina la fecha relativa de aplicación de este material de origen orgánico y la posterior liberación del nitrógeno, antes indicada. Aplicaciones de cachaza posterior a esas fechas relativas, puede retrasar el crecimiento de las plantas, a menos que se agregue una dosis reforzada de nitrógeno (20% adicional). Esta situación concuerda muy bien con lo que se encontró, tanto con la adición de altas dosis de cachaza (retrazo en el crecimiento), como con el tratamiento de mezcla de cachaza y fertilizante químico (buen crecimiento).

El poco efecto logrado en la acumulación de masa seca con los tratamientos de sola cachaza puede deberse a que se requiere un mayor tiempo de descomposición en el suelo, ya que en estudios realizados sobre distintos suelos, se determinó que los efectos fertilizantes de la cachaza se pueden

esperar desde los 3 meses después de su aplicación, y su acción residual se puede prolongar hasta 3 años para algunos nutrientes (Prasad, 1976; Zerega, 1993). Se recomienda aplicar K-cachaza como mantenimiento y, en caso de déficit en suelo, es aconsejable suplementarlo con adiciones de fuentes químicas de este nutriente, manteniendo el pH del suelo entre 5,5 y 7,5, en proporción con los contenidos de calcio y magnesio. Estos últimos, generalmente aumentan su disponibilidad con las aplicaciones de cachaza (Prasad, 1976; Zérega, 1993), resultado que corresponde con este estudio para repollo con el tratamiento de cachaza + fertilizante químico sobre la acumulación de masa seca.

## Conclusiones

La cachaza fresca de trapiche panelero presenta alto potencial agronómico como fuente de nutrientes minerales para el cultivo de repollo, pues generó mejor respuesta que sin su aplicación, lo cual se expresó en un mayor rendimiento, área foliar, masa fresca y seca de cabeza, hojas, tallo, raíz y total. Dentro de los tratamientos de cachaza fresca de trapiche panelero la mejor dosis fue la aplicación de 10 t·ha<sup>-1</sup>, mientras que de todos los tratamientos el que generó mayor productividad de repollo, fue la mezcla de 10 t·ha<sup>-1</sup> de cachaza fresca de trapiche panelero y el 50% de la dosis de fertilizante químico, el cual superó al tratamiento de fertilización química.

## Literatura Citada

- Agronet. 2009. Inteligencia de mercados. La lechuga. En: <http://www.agronet.gov.co>; consulta: marzo 2009.
- Arrieche, I. y O. Mora. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos agrícolas del estado de Yaracuy, Venezuela. *Bioagro* 17(3), 155-159.
- Bernal, M., M. Sánchez-Monedero, C. Paredes y A. Roig. 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, 175-189.
- Canet, R., F. Pomares, M. Estela y F. Tarazona. 1998. Efecto de diferentes enmiendas orgánicas en las propiedades del suelo de un huerto de cítricos. *Agrochimica* 42(12), 41-49.
- Chaves, L., J. Carneiro y D. Barroso. 2006. Crescimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (Angico -Vermelho) em substrato fertilizado e inoculado com rizóbio. *R. Árvore, Viçosa-MG*, 30(6), 911-919.
- Costa, F., C. García y T. Hernández. 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España.
- De Camargo O. A., Berton. R. S., Geraldi. R. y Aires. J. 1984. Alterações de aracterísticas químicas de um latossolo roxo distrófico incubado com resíduos da industria álcool-açucareira. *Bragantia* 43(1), 125-139.
- Dematte, J., M. Alexandre, M. De Souza, G. Crusoé, L. Alves, W.R. Ferreira, M.A. Ranal y F.A.R. Filgueira. 2002. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve-da-malásia. *Horticultura Brasileira*, 20(4), 635-640.
- Ferreira, W.R., M.A. Ranal y F.A.R. Filgueira. 2002. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve-da-malásia. *Horticultura Brasileira*, 20(4), 635-640.
- Franco, J. 1989. Utilización de hidrolizados proteicos en horticultura. *Horticultura*. 52, pp. 60-64.
- Fontanetti, A., G. Carvalho y L. Gomes. 2006. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Hortic. Bras.* 24(2), 146-150.
- Forero, F. 2009. Respuesta agroeconómica a dos sistemas de producción: maíz y maíz asocio fríjol a la aplicación de cachaza en la Hoya del Río Suárez, municipio de Chitaraque. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Escuela de Posgrados. 151 p.
- Guerrero, R. 1998. Fertilización de Cultivos de Clima Frío. Saenz y Cia Ltda. Santafé de Bogotá, 425 p.
- Khan, K., A. Gattinger, F. Buegger, M. Schloter y R.G. Joergensen. 2008. Microbial use of organic amendments in saline soils monitored by changes in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio *Soil Biology & Biochemistry* 40, 1217-1224.
- Lopes, L., C. Sales, D. Guerra y A. Cordeiro. 2006. Sistema de bloco prensados e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico. *Ciência Rural*, 36(2), 441-447.
- Maccio, J. M. y J. Miranda. 2007. Aprovechamiento de un fertilizante alternativo para caña de azúcar en predios de superficie reducida. Proyecto INTA. Tucumán. México. 22 p.
- Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L). *Bioagro* 16 (3), 219-224.
- Mogollón, L. 2000. Uso eficiente de los fertilizantes. En: Lobo D. (ed.). Manejo de la Fertilidad de los Suelos. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela. pp. 25-36.
- Morgado, I.F. 1998. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Saccharum* spp. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 102 p.

- Paturau, J.M. 1969. By-products of sugar cane industry. An introduction to their industrial utilization in América Elsevier Publish. Comp. Inc. 274 p.
- Prasad, M. 1976. Response of sugarcane to filter press mud and N, P, and K fertilizar. II. Effects on plant composition and soil chemical properties. *Agron. J.* 68(4), 543-574.
- Rasul, G., A. Appuhn, T. Muller y R.G. Joergensen. 2006. Salinity induced changes in the microbial use of sugar cane filter cake material under acidic soil conditions. *Applied Soil Ecology* 31, 1-10.
- Rodríguez, G. y M. Gottret. 2006. Aprendiendo del pasado para proyectarnos hacia el futuro e impacto de la tecnología de la panela en la Hoya del Río Suárez y Cundinamarca (Colombia). CORPOICA. CIAT. Informe técnico. 61 p.
- Semicol, 2009. Repollo bola verde. En: [http://www.semicol.com.co/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_new.tpl&product\\_id=271&category\\_id=5&option=com\\_virtuemart&Itemid=27](http://www.semicol.com.co/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_new.tpl&product_id=271&category_id=5&option=com_virtuemart&Itemid=27); consulta: enero 2009.
- Silva-Junior, A.A. 1991. Efeitos da adubação mineral e orgânica em repollo. *Agropecuária Catarinense* 4, 53-56.
- Souza, J.L. 1998. Agricultura Orgânica. Vitória: EMCAPA. 176 p.
- Triboi-Blondel, A. M. 1988. Azote, croissance, rendement et qualité de la graine chez le colza d'hiver. En *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Centre Technique Interprofessionel des Oleagineux Metropolitains (CETIOM). pp. 134-139.
- Xavier, S. y B.K Lonsane. 1994. Factors influencing fungal degradation of total soluble carbohydrates in sugarcane-pressmud under solid-state fermentation. *Process Biochem.* 29, 295-301.
- Zérega, L., T. Hernandez y J. Valladares. 1998. Efecto de la labranza sobre los suelos y el cultivo de la caña de azúcar a corto plazo. *Agronomía Tropical* 48(4), 501-513.
- Zérega, L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Rev. Caña de azúcar* 11(2), 71-92.
- Zurro, P. 2005. Producción de abonos y fertilizantes a partir de subproductos de la industria azucarera orgánica. En: <http://www.elparanaense.com.ar/pdf/memorasabonosIngSanJavierMNES.pdf>. 4p.; consulta: junio 2008.

Fecha de Recepción: 15 de mayo de 2009  
 Fecha de Aceptación: 19 de junio de 2009