
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR



CINCAE

**Uso de cachaza descompuesta y porcentaje de sustitución de
fertilización química en un lote del ingenio Valdez**

Manejo de Suelos y Fertilizantes

Mónica Salazar

Miguel A. Sánchez

Bolívar Aucatoma

2009

Contenido

	Pag
1.0 Introducción	1
2.0 Resultados	2
2.1 Compostaje de diferentes proporciones de ceniza y cachaza	2
2.2 Estimación de la respuesta de la variedad Ragnar en la producción de caña y azúcar a la aplicación de cachaza y reducción del fertilizante químico	3
2.3 Estimación del efecto de la aplicación de cachaza en el suelo y follaje	7
3.0 Conclusiones	9
4.0 Recomendaciones	10
5.0 Literatura citada	11

Lista de Cuadros

		Pag
1	Concentración promedio de macro y micro-nutrientes, MO, C y relación C/N en la obtención de cachaza compostada con y sin microorganismos eficientes. CINCAE. 2005	2
2	Concentración promedio de N, P, K, MO y pH de cenichaza fresca y descompuesta y cachaza descompuesta. CINCAE. 2006	3
3	Concentración promedio de macro y micro nutrientes en cachazas frescas provenientes de tres ingenios. CINCAE. 2005	3
4	Producción promedio de caña (TCH) y azúcar (TAH) y rendimiento azucarero (KATC) de dos niveles de cachaza aplicado (15 y 30 t ha ⁻¹), evaluado en tres años. Ingenio Valdez. 2008	4
5	Rendimiento promedio de azúcar (KATC) de cuatro niveles de reducción de fertilización química (20, 40, 60 y 100 %) y dos testigos referenciales de fertilización (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008	6
6	Concentración promedio de dos años (2006, 2007) de MO, pH, K, Zn, Cu, Mn y Fe en el suelo bajo 15 y 30 ton ha ⁻¹ de cachaza, fertilización química referencial (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008	9
7	Concentración promedio de N, P y K en el follaje de caña a los dos y tres mdc del testigo absoluto y el promedio de los niveles de cachaza y reducción del fertilizante químico, evaluado por dos años. Ingenio Valdez. 2008	10

Lista de Figuras

	Pag	
1	Tonelaje promedio de caña por hectárea (TCH) de cuatro niveles de reducción de fertilización química (20, 40, 60 y 100 %) y dos testigos referenciales de fertilización (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008	5
2	Rendimiento promedio azúcar por hectárea (TAH) de cuatro niveles de reducción de fertilización química (20, 40, 60 y 100 %) y dos testigos referenciales de fertilización (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008	7
3	Concentración de P (ppm) en el suelo bajo 15 y 30 ton ha ⁻¹ de cachaza, fertilización química (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008	8

1.0 **Introducción**

Uno de los problemas principales que presenta la industria azucarera del Ecuador es la producción en grandes cantidades de sub-productos (cachaza, bagazo, ceniza, aguas residuales, etc) que se producen en el proceso de obtención del azúcar, que dificulta el manejo y tratamiento de los mismos, y que mal manejados pueden ser un medio de contaminación para el agua y el suelo.

En promedio los tres ingenios azucareros producen alrededor de 300000 ton de cachaza y 80000 ton de ceniza, los cuales llegan a ser un problema cuando conjuntamente con la vinaza (subproducto obtenido de las alcoholeras) se descargan en algún afluente para regar el cultivo de caña. Esta práctica debido a la gran demanda química y bioquímica de oxígeno (40000 y 120000 mg/litro, respectivamente) contaminan las aguas por su alto contenido orgánico, desprendiendo compuestos tóxicos durante su descomposición (García y Rojas, 2006). Varios estudios en Cuba, Colombia, México, etc, han demostrado respuestas positivas en la producción de caña, llegándose a convertir en buenos sustitutos parciales o totales de la fertilización química cuando son manejados correctamente; y, a la reducen el impacto de contaminación al medio ambiente.

En el Ecuador se han realizado pocos estudios de cachaza, casi nada de la mezcla de sedimentos provenientes de fábrica (cachaza, arena, ceniza, entre otros) que han estado depositados por varios años y de vinaza. El ingenio Valdez, preocupado de la contaminación que genera la aplicación no adecuada de los subproductos y en conocimiento de que se pueden utilizar los mismos como fertilizantes orgánicos y como resultado reducir el uso de fertilizantes químicos estableció conjuntamente con CINCAE un ensayo para probar el efecto de la cachaza descompuesta en la producción y productividad de la caña.

Para lo cual, CINCAE empezó con estudios preliminares relacionados con el compostaje de los mismos especialmente cachaza y la mezcla ceniza y cachaza, para luego probar en el campo su efecto en la producción de caña de azúcar.

2.0 Resultados

2.1 Compostaje de cachaza sola y mezcla de ceniza y cachaza a diferentes proporciones.

La cachaza es un subproducto del proceso de clarificación del guarapo que está compuesta por alto contenido de MO, N, P y Ca; mientras que la ceniza es un residuo de la quema del bagazo con alto contenido de K, P y Na, la combinación de estos dos subproductos origina la cenichaza. Este producto, llega a tener alta concentración en un mayor número de nutrientes.

Tanto la cachaza como la ceniza frescas pueden ser aplicadas directamente al suelo; sin embargo, por su gran volumen resulta no rentable cuando se transporta a sitios con distancias mayores a los 10 Km (Aucatoma et al. 2006). Otra desventaja, sería la sedimentación de las sales insolubles y parte de la MO en el agua durante los riegos; por otro lado, la alta relación C/N cuando no están descompuestos produce deficiencia de N. Por esta razón, el compostaje reduciría estos impactos negativos.

Estudios preliminares realizados por CINCAE en la descomposición de la cachaza usando iniciadores bacterianos demostró que no es necesaria la aplicación de microorganismos para acelerar la mineralización de la misma, porque ya existe suficiente población y actividad microbiana (Aucatoma 2004). Sin embargo, encontró que la inoculación de un iniciador bacteriano en los primeros 30 días del compostaje permite incrementar la concentración de nutrientes disponibles especialmente nitrógeno (N), potasio (K^+), materia orgánica (MO) y carbono (C). A pesar que el N en la cachaza fresca fue alto, la relación alta de C/N indica que el N existente puede ser inmovilizado y por lo tanto no sería disponible inmediatamente para las plantas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentración promedio de macro y micro-nutrientes, MO, C y relación C/N en la obtención de cachaza compostada con y sin microorganismos eficientes. CINCAE. 2005

Identificación	N	P	K	Ca	Mg	S	MO	C	C/N	Zn	Cu	Mn	Fe
	% g/100g								ppm				
Cachaza fresca	1.13	0.08	0.06	0.40	0.06	0.08	45.5	26.4	23.4	18.4	13.0	65.3	93.5
Cachaza + Iniciador bacterial	0.84	0.06	0.08	0.41	0.09	0.09	15.5	9.0	10.8	15.8	11.6	31.4	88.7
Cachaza	0.75	0.06	0.07	0.41	0.09	0.10	11.3	6.6	8.7	16.5	12.7	37.9	80.4

Fuente: Aucatoma et al. 2005

Otra investigación realizada por CINCAE, encontró que independiente de las proporciones de mezcla con cachaza y ceniza, el tiempo máximo antes de usar los subproductos como compost fue de 12 a 13 semanas con una relación C/N de 12, y una temperatura constante de 30°C. La cenichaza descompuesta presentó una alta concentración de N, y a mayor proporción de cachaza mayor el contenido de N. El P y K fueron similares en las diferentes concentraciones de cachaza y ceniza (Aucatoma et al. 2006). A continuación se detalla el contenido de nutrientes en la mezcla cachaza-ceniza y cachaza pura descompuesta para los ensayos establecidos en CINCAE e ingenios (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración promedio de N, P, K, MO y pH de cenichaza fresca y descompuesta y cachaza descompuesta. CINCAE. 2006

	Cachaza descompuesta	Cenichaza ^{>1}	
		Fresca	Descompuesta
N kg ton ⁻¹	5.00	10.0	8.0
P kg ton ⁻¹	0.32	1.2	0.8
K kg ton ⁻¹	0.95	2.0	1.5
MO (%)	10.6	16.7	8.6
pH	7.6	7.7	7.5
Humedad (%)	49	75	45

>1. Promedio de nutrientes de 4 proporciones de mezcla de ceniza y cachaza: a) ceniza 5% + cachaza 95%; b) ceniza 10% + cachaza 90%; c) ceniza 15% + cachaza 85%; d) ceniza 20% + cachaza 80%

Es necesario mencionar que las concentraciones variarán dependiendo de manejo del cultivo de caña (fertilización), % de trash presente en la molienda, variedad, eficiencia de la fábrica entre otros factores. Esta variabilidad se observa en el cuadro 3, cuyos datos promedios corresponden a **84** muestras de cachazas frescas obtenida de los ingenios ECUDOS, Valdez y San Carlos (Aucatoma et al. 2005).

Cuadro 3. Concentración promedio de macro y micro nutrientes en cachazas frescas provenientes de tres ingenios. CINCAE. 2005

Ingenio	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
	% (g/100g)				ppm (mg/ Kg)			
Troncal	0.10	0.20	0.37	0.13	64.9	11.0	44.6	264.6
Valdez	0.10	0.15	0.40	0.06	39.1	27.5	68.7	120.0
San Carlos	0.15	0.21	0.42	0.06	37.1	20.0	64.1	135.6

2.2 Estimación de la respuesta de la variedad Ragnar en la producción de caña y azúcar a la aplicación de cachaza y reducción del fertilizante químico

La segunda parte del experimento se continuó en el campo, utilizando la cachaza descompuesta. El ensayo se estableció en el ingenio Valdez en el año 2005, sector Chobo (Fluventic Haplustpet) en un suelo de textura franco-arenosa. Se evaluó cuatro niveles de reducción de fertilizante químico 20, 40, 60 y 100% de una fertilización química referencial (120 kg de N, 60 kg de P₂O₅ y 80 kg de K₂O por hectárea), bajo dos niveles de aplicación de cachaza descompuesta (15 y 30 ton ha⁻¹). A la siembra se aplicó el P y el K en la base del surco y el N fue fraccionado a los 45 y 90 días después de la siembra (dds) en la línea de la caña después del riego. En caña soca, se aplicó solamente N en todos los tratamientos de reducción del fertilizante químico y en los de fertilización química referencial del CINCAE e Ingenio además del N se aplicó K.

Cuadro 4. Producción promedio de caña (TCH) y azúcar (TAH) y rendimiento azucarero (KATC) de dos niveles de cachaza aplicado (15 y 30 t ha⁻¹), evaluado en tres años. Ingenio Valdez. 2008

Año	Cachaza t ha ⁻¹	TCH	KATC	TAH
2006	15	89.1	138.1	12.3
(Caña planta)	30	91.0	137.1	12.5
2007	15	88.2	110.9	9.8
(1ra soca)	30	91.3	112.0	10.2
2008	15	111.2	107.6	11.7
(2da soca)	30	103.9	108.4	11.1

El experimento se llevó a cabo por tres años (uno de caña planta y dos de caña soca). No se presentó diferencias significativas en las variables de producción de caña la aplicación de 15 y 30 t ha⁻¹ de cachaza. Sin embargo, hubo un ligero incremento en el tonelaje de caña (1-3 TCH) en caña planta y en la primera soca, obteniéndose similares respuestas en el tonelaje de azúcar en los dos niveles de cachaza (Cuadro 4)

Se detectó diferentes respuestas en el tonelaje de caña en los tratamientos de reducción de fertilización química en cada año; así, en caña planta la producción más alta se obtuvo cuando se redujo el fertilizante químico en un 60 % (123 TCH). Mientras que, en la primera soca, no hubo diferencias de producción de caña en los tratamientos, incluido el tratamiento testigo, obteniéndose un promedio de 89 TCH, probablemente

las condiciones climáticas influyeron en esta respuesta. En la segunda soca, el tratamiento de 100 % de reducción del fertilizante químico presentó la más alta producción de caña (101 TCH) (Figura 1). Claramente, se observa el efecto positivo y residual de la cachaza; la cual por su alto contenido de MO, suple los nutrientes lentamente (debido a la mineralización), evitando pérdidas de N (nitrificación y volatilización), P y K.

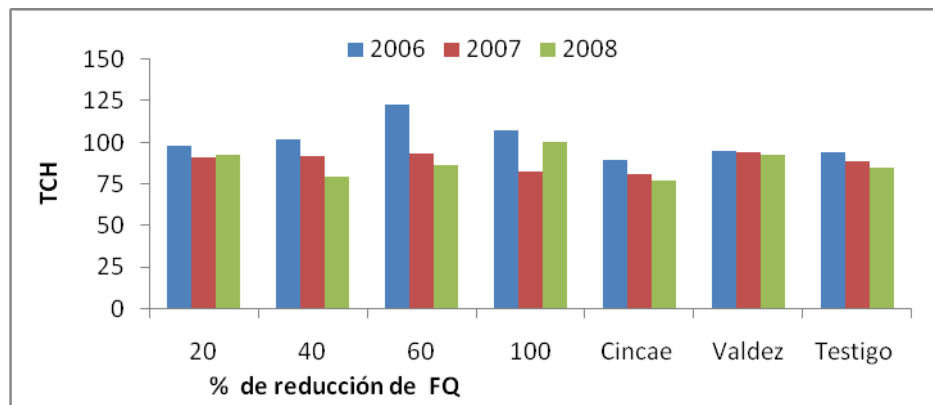


Figura 1. Tonelaje promedio de caña por hectárea (TCH) de cuatro niveles de reducción de fertilización química (20, 40, 60 y 100 %) y dos testigos referenciales de fertilización (CINCAE y Valdez) y un testigo (sin fertilización), evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008

En caña planta el rendimiento de azúcar fue similar en todos en los niveles de reducción de fertilización química y las fertilizaciones químicas referenciales de CINCAE y el ingenio, superando al tratamiento testigo con un promedio de 6.2 KATC. En primera soca el tratamiento sin fertilización tuvo una concentración de azúcar similar a los tratamientos de solo fertilizante químico (108.9 KATC). Además, se observó que el uso de solo cachaza permitió un incremento de 6 KATC que el resto de tratamientos. Y, en la segunda soca, no hubo respuesta significativa del rendimiento en los tratamientos en estudio (Cuadro 4). Lo que demuestra primeramente que este tipo de suelo tiene suficiente nutrientes para que la variedad Ragnar tenga un alto contenido de azúcar; segundo, que independiente del tipo de fertilización (química, cachaza o la combinación de ambas) la concentración de azúcar es alta en relación a la no aplicación fertilización; y, tercero hay un efecto de residualidad de la cachaza y la combinación de esta con el

fertilizante químico al presentar una alta concentración de azúcar en las dos socas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento promedio de azúcar (KATC) de cuatro niveles de reducción de fertilización química (20, 40, 60 y 100 %) y dos testigos referenciales de fertilización (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008

	2006 ^{>1}	2007 ^{>2}	2008 ^{>3}
% de reducción de fertilizante químico	KATC		
20	107.4	108.2	140.1
40	108.9	111.3	136.8
60	109.5	109.8	138.8
100	105.7	116.6	135.1
Cincae	110.8	113.7	135.3
Valdez	105.2	106.1	138.2
Testigo	101.7	108.9	136.7

>1: Caña planta 2006; >2: primera soca 2007; >3: segunda soca 2008

Los tratamientos que alcanzaron los mayores tonelajes de caña también obtuvieron los más altos tonelajes de azúcar debido a que la concentración de azúcar en KATC no fue significativa. En caña planta el mayor tonelaje de azúcar se presentó en 60 % de reducción química con 13.5 TAH; mientras que, en la primera soca la producción de azúcar fue similar en todos los tratamientos con un promedio de 9.8 TAH; en cambio, en la segunda soca, la aplicación de solo cachaza (100% reducción de fertilizante químico) y la reducción de 20 % del fertilizante químico, tuvo la más alta producción de azúcar (13.6 y 13 TAH, respectivamente) (Figura 2). En general, en los tres años en estudio, en promedio el uso de cachaza sola o en mezcla con el fertilizante químico reducido produjeron incrementos promedios de 1.5, 0.6 y 0.8 TAH más que la fertilización química.

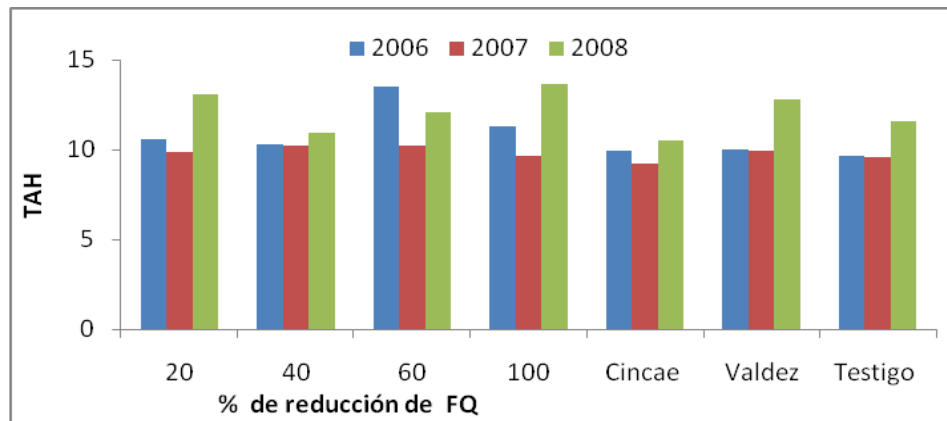


Figura 2. Rendimiento promedio azúcar por hectárea (TAH) de cuatro niveles de reducción de fertilización química (20, 40, 60 y 100 %) y dos testigos referenciales de fertilización (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008

El uso de la cachaza no debe ser considerada únicamente como fuente de nutrientes, sino también como mejorador de la estructura, microbiología y humedad del suelo, ya que presenta un alto contenido de MO. Además, absorbe el calor, evita pérdidas de nutrientes reduciendo la lixiviación y volatilización de N y fijación de P y. Por tal razón, hay que considerar que su efecto será a largo plazo.

2.3 Estimación del efecto de la aplicación de cachaza en el suelo y follaje

A pesar de no observarse grandes diferencias en el tonelaje de producción de caña y azúcar cuando se compara el uso de la cachaza y la fertilización química, se observo cambios en la concentración de nutrientes en el suelo, lo cual nos permitiría manejar a largo plazo el uso de ciertos nutrientes en suelos enmendados con cachaza.

Como se mencionó anteriormente, la cachaza es un subproducto rico en P, y esto se refleja en los resultados obtenidos en esta investigación. Existe mayor concentración de P en el suelo cuando se aplica 30 ton ha⁻¹. Encontrándose una relación directa y significativa ($R^2=0.84$) entre los años en estudio y el P disponible en el suelo. Por lo tanto, anualmente puede haber un incremento de 8.9 y 5.1 ppm de P cuando se aplica 30 y 15 ton ha⁻¹ de cachaza, respectivamente.

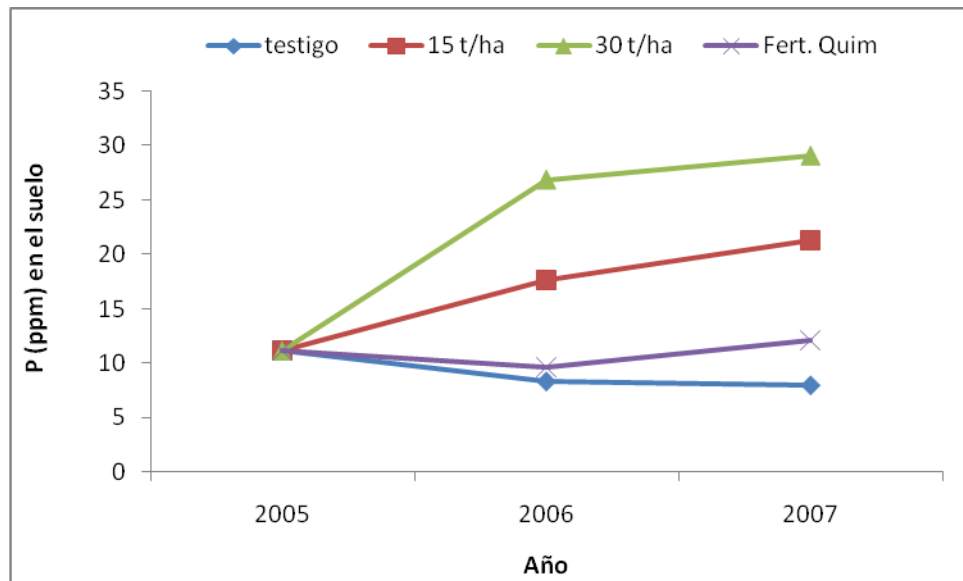


Figura 3. Concentración de P (ppm) en el suelo bajo 15 y 30 ton ha⁻¹ de cachaza, fertilización química (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008

El P disponible a través del tiempo en la fertilización química fue entre 1.8 y 2.5 veces menor al final de dos años al compararse con los niveles de 15 y 30 ton ha⁻¹ de cachaza aplicada, en ese orden; sin embargo, a pesar de no haber una relación significativa ($R^2=0.14$) existió un incremento anual en la disponibilidad de P en suelo alrededor de 0.5 ppm de P (Figura 3). Similar respuesta se encontró en un experimento realizado por CINCAE en el ingenio Valdez, observándose incrementos entre 0.4 a 0.7 ppm de P/ kg de P₂O₅ aplicado únicamente en caña planta (datos no publicados), demostrando que este suelo presenta baja retención de fósforo, y por lo tanto requerirá menos cantidad de fertilizante fosforado.

En la Figura 3 el tratamiento testigo (cero fertilización), mostró una disminución anual de 1.6 ppm de P disponible en el suelo ($R^2=0.83$), debido a la extracción realizada por el cultivo y posiblemente a la ausencia de otros nutrientes no aplicados como el N y K. Un ensayo realizado en Valdez, encontró una pérdida de P de 0.7 ppm cuando no se aplica fertilizante fosfatado (datos no publicados); no obstante, el uso de N y K, pudo haber influido a que la pérdida de P sea menor.

Cuadro 6. Concentración promedio de dos años (2006, 2007) de MO, pH, K, Zn, Cu, Mn y Fe en el suelo bajo 15 y 30 ton ha⁻¹ de cachaza descompuesta, fertilización química referencial (CINCAE y Valdez) y un testigo absoluto, evaluado durante tres años. Ingenio Valdez. 2008

Elemento	testigo	15 t/ha	30 t/ha	CINCAE	Valdez
MO (%)	1.06	1.16	1.36	1.34	1.31
pH	6.82	6.90	7.00	6.61	6.60
K ⁺ (meq/100g)	0.18	0.15	0.16	0.20	0.20
Zn (ppm)	0.9	0.7	1.0	0.9	0.9
Cu (ppm)	8.1	6.8	7.7	7.6	7.1
Mn (ppm)	30.3	25.4	30.4	38.3	40.9
Fe (ppm)	35.0	36.5	36.2	48.8	42.9

El Cuadro 6, muestra la concentración promedio de dos años (2006 y 2007) de otros nutrientes en el suelo, debido a que no hubo diferencias significativas. No obstante, hay un efecto del uso de cachaza y la fertilización química referencial cuando se compara con el testigo (sin fertilización).

El uso de cachaza incrementa la concentración de pH en el suelo; mientras que la fertilización química disminuye el pH, debido al uso de urea (fuente de N) y el DAP (fuente de P) que acidifican el suelo. Independiente del tipo de fertilización la MO del suelo se incrementó en 0.24 % lo que podría estar relacionado con la producción de residuos dejados en el suelo después de la cosecha. El K en los tratamientos de cachaza disminuyó en comparación al testigo y la fertilización química, posiblemente por el alto contenido de Ca²⁺ en cachaza, que ocasionó una lixiviación de K, saturando la solución del suelo con Ca²⁺. El contenido de microelementos fue similar en los tratamientos en estudio a excepción del Mn y Fe que incrementaron en la fertilización química (Cuadro 6).

La absorción de nutrientes varía anualmente, siendo mayor en caña planta que en la primera soca. Al no encontrarse los niveles críticos de N, P y K entre la absorción de nutrientes y producción de caña y azúcar se determinó un rango promedio de absorción entre los tratamientos de fertilización química referencial y los de cachaza, los cuales en algunos casos fueron superiores al tratamiento testigo (cero fertilización), especialmente el N y el K (Cuadro 7).

Cuadro 7. Concentración promedio de N, P y K en el follaje de caña a los dos y tres mdc del testigo absoluto y el promedio de los niveles de cachaza y reducción del fertilizante químico, evaluado por dos años. Ingenio Valdez. 2008

	2006			2007		
	3 meses después de la cosecha (mdc)					
	N	P	K	N	P	K
	%			%		
Testigo	2.54	0.28	1.66	1.86	0.23	1.53
Resto tmt	2.50-2.71	0.25-0.40	1.60-1.70	2.20-2.48	0.20-0.33	1.60-1.70
	6 meses después de la cosecha (mdc)					
Testigo	2.12	0.20	1.51	1.53	0.21	1.22
Resto tmt	2.05-2.12	0.20-0.30	1.53-1.60	2.00-2.74	0.22-0.29	1.30-1.54

3.0 Conclusiones

La cachaza es un subproducto que puede ayudar a reducir el uso del fertilizante químico completamente a largo plazo (tercer año); sin embargo, en el primer año, necesitaría ser complementado con la fertilización química.

Tanto en el tonelaje de caña como en el de azúcar por hectárea el tratamiento con 60% de reducción de fertilizante químico tuvo los mayores valores de producción en caña planta. En la primera soca no hubieron diferencias de producción entre los tratamientos en estudio; y, en la segunda soca, los tratamientos de 100 % y 20 % de reducción química fueron superiores.

El uso de cachaza permite un incremento de la concentración de P en el suelo, siendo mayor cuando se utilizan grandes cantidades de este subproducto; además, incrementa el pH, y la materia orgánica del suelo. No obstante, la concentración de K en el suelo fue menor

La absorción de nutrientes fue mayor en el primer año (caña planta) que en el segundo año (primera soca). Como, no se detectó respuestas significativas en la relación producción de caña y azúcar vs absorción de nutrientes, se consideró que una concentración menos de 2.0 % de N, 0.2 % de P y 1.3 % de K en el follaje entre tres y seis meses después de la siembra y/cosecha podría ser deficiente para la caña de azúcar.

4.0 Recomendaciones

- Realizar análisis químicos para determinar el nivel nutricional de la cachaza antes de su uso.
- Probar la sustitución de un 60% de reducción del fertilizante químico con el nivel de 15 t ha⁻¹ de cachaza descompuesta en parcelas semicomerciales.
- Comparar la respuesta de producción y contenido nutricional usando cachaza fresca y descompuesta en parcelas semicomerciales, en varios tipos de suelos y con bajos contenidos nutricionales.

5.0 Literatura citada

Aucatoma B, Chicaiza B, Fajardo K. 2004. Compostaje de la cachaza con el uso de microorganismos eficientes. Utilización de subproductos de fábrica. Carta Informativa CINCAE (Ecuador) 6(4): 20-21

Aucatoma B, Chicaiza B, Fajardo K. 2005. Compostaje de la cachaza con el uso de microorganismos eficientes. Subproductos de la industria azúcarera para uso en la fertilización de la caña. Carta Informativa CINCAE (Ecuador) 7(1): 15-16

Aucatoma B, Chicaiza B, Fajardo K. 2006. Ceniza y cachaza (cenichaza): Subproductos de la industria azúcarera para uso en la fertilización de la caña. Carta Informativa CINCAE (Ecuador) 8(1):10-11

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR.
2007. Area de Suelos y Fertilizantes. Guayaquil, CINCAE. Informe Anual 2006. p. 30-36

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR.
2008. Area de Suelos y Fertilizantes. Guayaquil, CINCAE. Informe Anual 2007. p. 31-35

