

EFECTO DEL PRODUCTO TRICHO- D® WP SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR COSECHADA EN VERDE EN EL VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA

Silvio Fernando Cadena¹

RESUMEN

Después de la cosecha de un cultivo de caña de azúcar con una producción de 100 toneladas de tallos, quedan 50 Ton/ha de residuos en el campo conformados principalmente por hojas y yaguas, que pueden aportar al próximo cultivo: 44 kg de N, 7 kg de P₂O₅, 87 kg de K₂O, 48 kg de Ca, 29 kg de Mg, 5.4 kg de Fe, 1.4 kg de Mn y 150 g de Zn por hectárea (Quintero, 1999). También las nuevas destilerías que funcionaran en los ingenios del Valle del Cauca generaran 568,352,000 litros año⁻¹ de vinaza (Quintero, 2004). Este subproducto se usa potencialmente para la biotransformación de residuos de cosecha, y es considerado como una fuente orgánica con alta capacidad para suministrar nutrientes con el aceleramiento de su descomposición. Por esta razón se realizó esta experimentación en la estación experimental San Antonio de Cenicaña, utilizando mezclas de 300 g ha⁻¹ de TRICHO-D y 1 L ha⁻¹ BACTHON diluidos en 200 L ha⁻¹ agua y en 200 L ha⁻¹ vinaza del 35% de sólidos totales, que se aplican sobre los residuos esparcidos en campo en aspersión antes de encallar. Los resultados mostraron diferencias significativas en la relación C/N y se encontró que diluyendo 300 g de TRICHO-D en 200 litros de vinaza por hectárea, se obtiene una adecuada relación de C/N 33.40 y la más alta reducción de un 23.75 % en el peso de los residuos con respecto al peso inicial en 60 días y entre un 40-50% más de disminución en el peso de los residuos con respecto al testigo con agua en el mismo tiempo. Cuando se aplica el tratamiento de 300 g de TRICHO-D más 1 litro de BACTHON en 200 litros de vinaza del 35% de sólidos totales por hectárea, se logra un incremento favorable en la población benéfica de bacterias, actinomicetos y hongos del suelo. El producto TRICHO-D con 80 UC min⁻¹L⁻¹ mostró una actividad celulolítica más alta que el producto BACTHON SC con 42 UC min⁻¹L⁻¹.

Palabras claves: Biotransformación, actividad celulolítica, TRICHO-D WP, BACTHON SC y vinaza.

Introducción

Después de la cosecha de un cultivo de caña de azúcar con una producción de 100 toneladas de tallos quedan 50 t/ha de residuos en el campo conformados principalmente por hojas y yaguas, que pueden aportar al próximo cultivo: 44 kg de N, 7 kg de P₂O₅, 87 kg de K₂O, 48 kg de Ca, 29 kg de Mg, 5.4 kg de Fe, 1.4 kg de Mn y 150 g de Zn por hectárea (Quintero, 1999). Gran parte de estos nutrientes como el nitrógeno y el carbono se pierden por volatilización, otros por lixiviación o algunos se tornan poco disponibles por fijación a la fase mineral y orgánica. Una alternativa promisoría para reducir estas pérdidas y lograr una mayor disponibilidad y aprovechamiento de estos nutrientes es lograr la incorporación biológica de los nutrientes en la biomasa microbiana para que luego sean reincorporados al suelo con la actividad y digestión que logran los microorganismos hasta que forman parte de la materia orgánica del suelo. También las nuevas destilerías que funcionaran en los ingenios generaran 568,352,000 litros año⁻¹ de vinaza (Quintero, 2004), incrementando el riesgo de una contaminación en suelos y aguas si no son manejadas y dispuestas adecuadamente. Este subproducto puede habilitarse para su uso en la biotransformación de subproductos de cosecha.

Estudios sobre la descomposición de la celulosa muestran que los colonizadores iniciales son hongos como *Rhizoctonia solani*, *Humicola sp.*, *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp.*, *Mucor sp.*, *Fusarium sp.* y *Aspergillus sp.* En el caso de las pectinas, estas son degradadas por bacterias anaeróbicas como *Clostridium sp.* Las sustancias proteínicas y con almidón son digeridas por bacterias del género *Bacillus sp.*; la hemicelulosa es reducida por actinomicetos como *Streptomyces griseus*, *S. aureofaciens*, *S. antibioticus*, *S. roseochromogenus* (Arévalo, 2002), *Nocardia rugosa* (Bonilla, 1996) y levaduras como *Saccharomyces sp.* (Hsie et al, 1984). Estudios realizados muestran que la mayoría de los subproductos provenientes de las labores agrícolas, industriales y urbanas, como los denominados residuos glutámicos, las vinazas, etc., con pH de 4.7 (acidez= 0.13 mol de H⁺/Kg), aumentan la actividad microbiana del suelo (Colozzi-Filho et al 1996). La vinaza es un residuo líquido producido durante la destilación de los mostos fermentados en la fabricación de alcohol. Por cada litro de alcohol se obtienen 13 litros de vinaza compuesta de azúcares,

¹ Ingeniero Agrónomo, MSc. Suelos. Universidad Nacional de Colombia. Asesor de Investigación. ingsfc@yahoo.com

resinas, ácidos orgánicos, aminoácidos (Menezes, 1980), y altos niveles de potasio (41 kg/m^3 en la vinaza del 55% y 6 kg/m^3 en la vinaza del 10% de sólidos totales (Quintero, 2003).

La siguiente investigación presenta una propuesta alternativa para darle un manejo apropiado a los subproductos o residuos de cosecha con la biotransformación enmarcada dentro del acuerdo de restricción de quemas físicas en el cultivo de la caña de azúcar. También para definir el uso de la vinaza con digestión y biotransformación para obtener una fuente orgánica con alto contenido de nutrientes disponibles en el suelo para los nuevos cultivos acelerando su incorporación y disposición con el uso de microorganismos benéficos, proporcionando grandes beneficios económicos a la industria azucarera y al ambiente en general.

Materiales y Métodos

TRICHO-D® WP es un Bio-regulador a base de *Trichoderma harzianum* (cuadro 1) que inhibe el desarrollo de fitopatógenos y contribuye con la nutrición en la planta al bio-transformar las celulosas y ligninas de los materiales orgánicos que se encuentran en el suelo. Crece y coloniza muy rápidamente el suelo, protegiendo las raíces de las plantas, quitándole espacio a los fitopatógenos por antagonismo (ORIUS, 2005).

Cuadro 1. CONTENIDO QUE GARANTIZA EL PRODUCTO. (Ver Etiqueta)

Ingrediente Activo	Unidades Internacionales	Cantidad p/p
<i>Trichoderma harzianum</i>	UFC	100×10^6
c.s.p.	gramos	300

El ensayo se realizó en la estación experimental San Antonio de Cenicaña, con residuos a encallar al 2x1 y usando como medios solventes agua y vinaza del 35% de sólidos totales. Para lograr una aplicación uniforme de los diferentes tratamientos (medio+inoculante biológico), se hizo sobre los residuos esparcidos en campo en aspersión antes de encallar (Anexo 1).

Para este ensayo se utilizó un diseño de Bloques Completamente Aleatorizados, donde los tratamientos estaban conformados por la combinación de 2 medios líquidos de aplicación en campo y 3 inoculantes (Cuadro 2), con 4 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales.

Cuadro 2. Tratamientos

N°	Tratamientos
1	Agua
2	Agua + TRICHO-D
3	Agua+TRICHO-D+BACTHON
4	Vinaza
5	Vinaza+TRICHO-D
6	Vinaza+TRICHO-D+BACTHON

Dosis: vinaza o agua (200 L ha^{-1}), TRICHO-D (300 g ha^{-1}) y BACTHON (1 L ha^{-1})

Resultados y Discusión

En el análisis del porcentaje de Materia Seca (MS) y disminución en el peso de los residuos a los 60 días (DP60), no se encontraron diferencias significativas, aunque para este último parámetro en el tratamiento vinaza + TRICHO-D se observó el mayor valor (23.75 %). Esto contrasta, con experimentaciones anteriores realizadas con el producto TRICHO-D donde se han encontrado valores en la DP60 hasta de 70% (Cadena, 2005). Esto se encuentra estrechamente relacionado a la humedad en campo, pues el presente ensayo fue evaluado en los meses de noviembre de 2005 a marzo de 2006, una época muy poco húmeda (hasta 100 mm acumulados) comparado con la época de evaluación del ensayo anterior que fue de septiembre a noviembre de 2004 (200 a 400 mm acumulado). En cuanto a la relación C/N se encontraron diferencias significativas cuando se evaluó a los 60 días luego de inocular los subproductos o residuos. El valor óptimo para este tipo de material se encontró en el tratamiento vinaza + TRICHO-D (33.40), aunque puede disminuir

hasta 27 a los 90 días. Este último valor sugiere un avance importante en la biotransformación del residuo pues la relación C/N inicial del residuo esta cerca de 70 (Cuadro 3). En general se observó una mayor biotransformación en el subproducto o residuo en la relación C/N en los tratamientos con vinaza destacándose la mezcla con TRICHO-D (Figura 1), porque este inoculante muestra una alta actividad celulolítica ($80 \text{ UC min}^{-1} \text{ L}^{-1}$), es decir la capacidad de romper y metabolizar compuestos a base de celulosa (Anexo 2).

Cuadro 3. Variación de la materia seca (MS), la disminución en el peso de los residuos (DP60) y la relación C/N 60 (CN 60) días después de la inoculación de los residuos de la cosecha en verde de la variedad CC 85-92 con los productos TRICHO-D y BACTHON. Lote 16 – Cenicaña.

Tratamiento	MS	DP60	C/N 60
Agua	52,94	12,41	41,60 ab
Agua + TRICHO-D	41,32	14,39	42,56 a
Agua+ TRICHO-D +BACTHON	61,82	18,56	37,55 abc
Vinaza	50,36	21,90	37,78abc
Vinaza + TRICHO-D	54,38	23,75	33,40 c
Vinaza+ TRICHO-D +BACTHON	49,90	17,30	37,14 bc
Promedio	51,79	18,05	38,34
Significancia	NS	NS	S
CV	29,93	-	7,83

NS: No Significativo a un nivel de probabilidad de 0.05

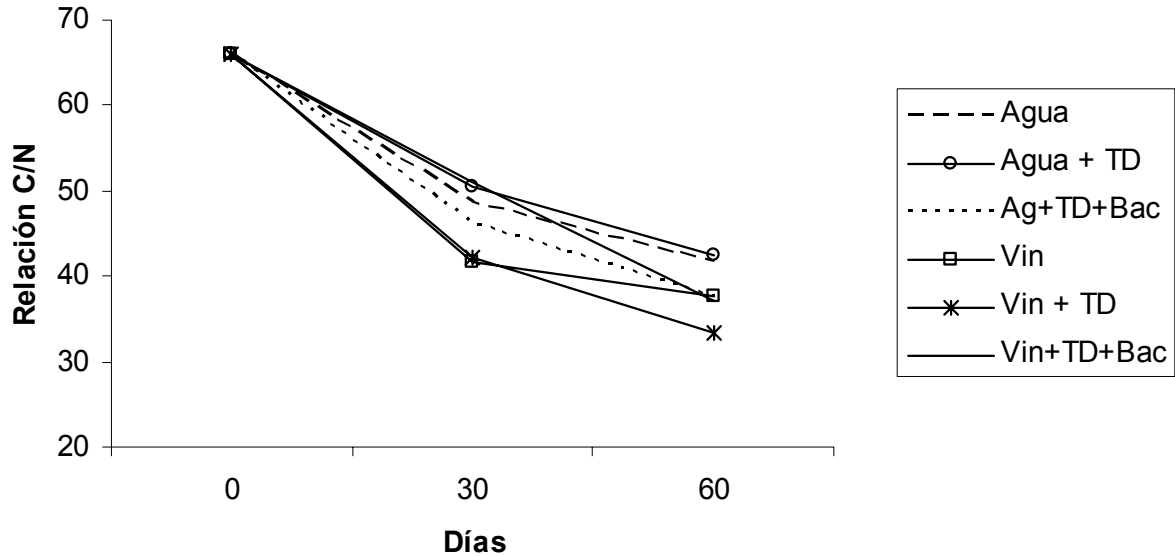


Figura 1. Variación de la relación C/N entre los 0 y 60 días luego de la inoculación de los residuos de cosecha en verde de la variedad CC 85-92 con los productos TRICHO-D y BACTHON. Lote 16 – Cenicaña.

En cuanto a la población microbiana del suelo se encontró una abundancia normal en su orden de mayor a menor de bacterias, actinomicetos y hongos, siendo mayor esta relación en el tratamiento de vinaza inoculada con TRICHO-D y BACTHON luego de dos meses de inoculado el residuo (Figura 2).

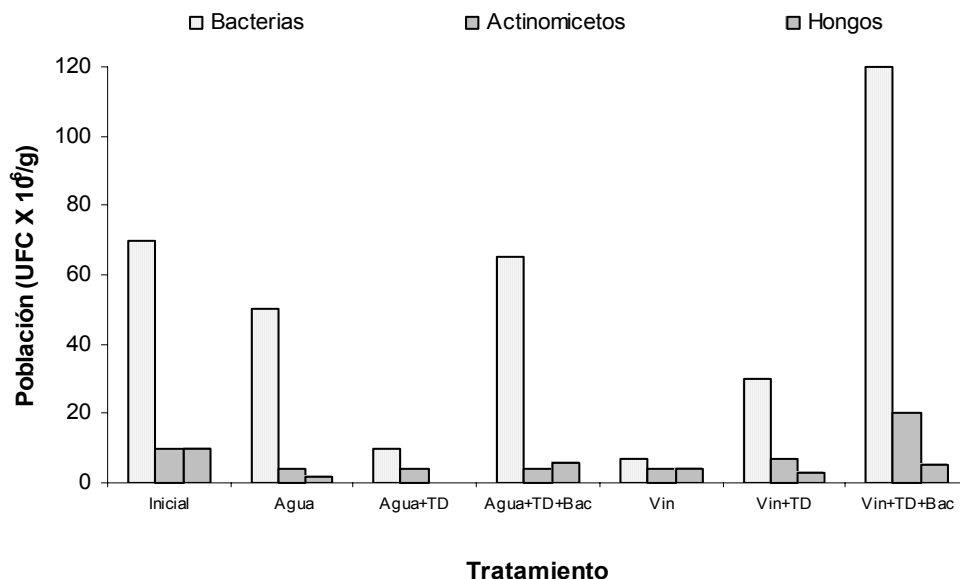


Figura 2. Variación de la población microbiana del suelo inicial y final bajo los residuos inoculados con los productos TRICHO-D y BACTHON luego de dos meses de la cosecha en verde. Lote 16 – Cenicaña.

En cuanto al aporte de nutrientes al suelo no se encontraron cambios significativos como efecto de la biotransformación de residuos, probablemente a que la poca humedad hizo el sistema muy lento y para observar algún cambio en el suelo se requeriría de un estudio a más largo plazo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variación del contenido nutricional del suelo por efecto de la biotransformación de los residuos de la cosecha en verde de la variedad CC 85-92 inoculados con los productos TRICHO-D y BACTHON. Lote 16 – Cenicaña.

N°	Tratamiento	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Na
			%	ppm		cmol kg ⁻¹		
		Análisis Inicial						
		6,9	2,95	100,5	0,36	12,5	4,45	0,16
		Análisis Final						
1	Agua	6,80	2,51	120,30	0,39	12,40	4,05	0,12
2	Agua + TRICHO-D	6,70	2,50	107,40	0,34	11,40	3,87	0,11
3	Agua+ TRICHO-D +BACTHON	6,90	2,26	105,40	0,63	11,20	3,80	0,12
4	Vinaza	7,00	2,49	143,10	0,65	12,60	3,96	0,10
5	Vinaza + TRICHO-D	6,90	2,31	129,90	0,29	11,60	3,74	0,11
6	Vinaza+ TRICHO-D +BACTHON	7,10	2,34	129,10	0,35	11,30	3,63	0,09

Conclusiones

- Aunque la baja precipitación presentada durante el experimento hizo la dinámica del sistema de biotransformación mas lento con respecto a ensayos anteriores con el mismo producto, el mejor tratamiento que puede alcanzar estándares altos de biotransformación en condiciones adecuadas de humedad es 300 g de TRICHO-D en 200 litros de vinaza 35% de sólidos totales por hectárea.

- Con la aplicación de 300 g de TRICHO-D en 200 litros de vinaza por hectárea, se obtiene en 60 días una adecuada relación de C/N 33.40 y la más alta reducción en el peso de los residuos de 23.75 % con respecto al peso inicial y entre un 40-50% más de disminución en el peso de los residuos con respecto al Testigo con agua en el mismo tiempo.
- Cuando se aplica el tratamiento de 300 g de TRICHO-D más 1 litro de BACTHON en 200 litros de vinaza 35% de sólidos totales por hectárea, se logra un incremento favorable en la población benéfica de bacterias, actinomicetos y hongos del suelo.
- Este experimento comprueba nuevamente que el parámetro de la relación C/N es científicamente el mejor criterio para determinar el grado de biotransformación de un material dentro de un proceso de compostaje técnicamente diseñado.

Bibliografía

- ARÉVALO, L. F.** 2002. Degradación de residuos de cosecha de caña de azúcar. CENICAÑA. Florida. 52 p.
- BONILLA, C. R.** 1996. Notas Preliminares sobre Biología del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 73 p.
- CADENA, S. F.** 2005. Efecto de las dosis de vinaza y diferentes complejos microbianos en la descomposición de los residuos de cosecha, las características del suelo y el desarrollo y la producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Documento de trabajo: Informe vinaza 2005. Cenicafña. Cali, Colombia. 24 p.
- CENICAÑA.** 2002. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicafña Colombia CC 85-92. Serie Técnica No. 30. Cali. 79 p.
- COLOZZI-FILHO, A.** 1996. Aplicação ao solo de residuo da fermentação glutâmica e seu efeito sobre alguns componentes da comunidade microbiana e sua atividade. Depto de solos, Piracicaba. Sao Paulo. 5 p.
- HSIE, M C., YEE, W . F., WANG, L. H., SANG, S. L.** 1984. The efficient Ethanol Fermentation of Acid Hydrolyzate from Hemicellulose.Extrated Bagasse. En: ASPAC, Boletín Técnico No. 85, pág 2-11.
- MENEZES, T. J. B.** 1980. Etanol o combustivel do Brasil. Sao Paulo. Ceres. Cap. 5. p 187-201.
- ORIUS BIOTECNOLOGÍA.** 2005. www.oriusbiotecnologia.com.co
- QUINTERO, D. R.** 1999. Extracción de nutrimentos por la caña de azúcar. Carta Trimestral CENICAÑA año 21 No. 2. Cali, Colombia. P 4-7.
- QUINTERO, D. R.** 2003. Resultados preliminares y proyecciones acerca del uso de la vinaza en Colombia. CENICAÑA. 9 P. (Documento de trabajo).
- QUINTERO, D. R.** 2004. Perspectivas acerca del uso y manejo de vinazas aplicadas al suelo. En: Seminario "Vinazas, potasio y elementos menores para una agricultura sostenible. Palmira, Mayo 13 y 14 de 2004. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. CD-ROM.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo financiero de la organización ORIUS BIOTECNOLOGÍA y al apoyo logístico de los laboratorios de química y fitopatología de Cenicafña.

ANEXOS

ANEXO 1. Forma de Aplicación de los Tratamientos



a. Aplicación antes de encallar



b. Organización



c. Pesaje

ANEXO 2. Actividad celulolítica de los inoculantes biológicos

PRODUCTO	Glucosa Inicial		Glucosa Final		Glucosa producida en Prueba(g/L)	UC/min/L
	Abs	Glc	Abs	Glc		
BACTHON SC	0.1841	0.3765	0.2958	0.6013	0.2247	42
TRICHO-D WP	23.341	47.033	25.484	51.346	0.4312	80