UTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL "JUAN M. MARQUEZ" PARA EL RIEGO Y LA FERTILIZACION DE LA CAÑA DE AZUCAR

V. M. Paneque[1], P. J. González[1] y J. Fernández [2]

[1]Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y [2]Complejo Agroindustrial "Juan M. Márquez"

Palabras claves: *Levadura, aguas residuales, riego por aspersión, caña de azúcar, fertilizantes*

ABSTRACT. This research study was performed at "Juan M. Márquez" agroindustrial enterprise, using effluents from the production of raw sugar and torula yeast. Four sprinkler irrigations with a pattern of 750 m^3/ha were applied to plant cane plots, Ja. 60–5 cv., cultivated on a Plastic Dark soil. Effluents were applied independently and in a combined way. Treatments were arranged in expanded plots and the results were analyzed through a Single Lineal Model. Data from plant cane harvest are recorded, corresponding to yields, soil and leaf analysis. Effluents had significant influences on soil characteristics, leaf nutrient concentrations and cane yields. The best results were achieved when applying 3 000 m^3/ha effluents from torula, yielding 40 % more cane than the treatments only receiving effluents from raw sugar.

RESUMEN. El trabajo experimental se desarrolló en el Complejo Agroindustrial "Juan M. Márquez"; se utilizaron aguas residuales de los procesos de producción de azúcar crudo y levadura torula. Se aplicaron cuatro riegos por aspersión con norma de 750 m^3/ha a parcelas de caña planta de la variedad Ja. 60–5, cultivada en suelo Oscuro Plástico. Los residuales fueron aplicados en forma independiente y combinada. Los tratamientos se distribuyeron en parcelas alargadas y los resultados se analizaron mediante modelo lineal simple. Se informan los datos de la cosecha de caña planta correspondientes a análisis de suelo, foliar y rendimientos. Los residuales tuvieron influencias significativas sobre las características del suelo, las concentraciones de nutrientes en las hojas y en los rendimientos de la caña. Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de 3 000 m^3/ha de residual de torula, lo cual produjo 40 % más de caña que la variante que solo recibió residual de crudo.

INTRODUCCION

Los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados constituyen focos de contaminación ambiental, pero al estudiar su composición química, se ha determinado la posibilidad de utilizarlos en la agricultura cañera.

Varios investigadores (Medel, Chaviano, 1984; Arzola, Reyes y González, 1986; Paneque y González, 1984) han informado sobre la calidad de esos residuales y coinciden en que pueden ser utilizados para el riego y la fertilización de la caña. Su aplicación en la agricultura cañera puede contribuir a disminuir la contaminación ambiental, a la vez que permite el ahorro de fertilizantes y aumenta los rendimientos de la caña.

Este trabajo se realizó con el objetivo de estudiar la influencia de las aguas residuales, de la producción de azúcar crudo y levadura torula, sobre el suelo y el cultivo de la caña y determinar los volúmenes de residuales más adecuados, para obtener los máximos rendimientos de la caña en condiciones de suelo Oscuro Plástico.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se desarrolló en el Complejo Agroindustrial "Juan M. Márquez", durante los años 1987 y 1988 en suelo Oscuro Plástico, utilizando aguas residuales de los procesos de producción de azúcar crudo y levadura torula.

Se estudiaron cinco tratamientos (Tabla II) distribuidos en franjas y los resultados se analizaron con un modelo lineal simple, utilizando la norma de riego de 750 m^3/ha aplicados por aspersión. Las parcelas experimentales tenían una superficie de 3 000 m^3.

La preparación del suelo, la plantación y las labores culturales se realizaron según lo establecido en el Instructivo Técnico para el cultivo. Se plantó la variedad Ja. 60–5.

Tabla I. Análisis de las aguas residuales utilizadas en el riego del experimento

Determinaciones	U	Agua residual de crudo (promedio de 6 muestras)	Agua residual de torula (promedio de 5 muestras)
Cond. eléctrica	mmhos/cm	1.076	6.834
Sales solubles totales	ppm	689	4.374
Calcio (Ca)	ppm	111	196
Magnesio (Mg)	ppm	42	214
Potasio (K)	ppm	49	1.428
Sodio (Na)	ppm	271	301
Fósforo (P)	ppm	0.28	424
Nitrógeno (N)	ppm	10	216
Cloruro (Cl)	ppm	350	106
Materia orgánica	g/l	0.53	2.4
pH		4.4	7.0
Relac. absorción sodio (RAS)		4.45	3.74

Tabla II. Tratamientos utilizados en el experimento

Número	Tratamientos agua residual (m^3/ha) Producción de crudo	Producción de torula
1	3000	--
2	2250	750
3	1500	1500
4	750	2250
5	–	3000

Norma de riego 750 m^3/ha
Número de riegos 4

Se tomaron muestras foliares a los 5 meses de edad por el método de la hoja **TVD**; muestras de 10 tallos por réplica en el momento de la cosecha, para análisis azucarero y muestras de suelo, después de la cosecha, la cual se realizó en marzo de 1988 a los 14 meses de edad.

Para la evaluación del experimento se cortó y pesó toda la caña de cada parcela. Se presentan los resultados de la cosecha de caña planta. Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de rango múltiple de Duncan.

En el momento de la cosecha se tomaron dos muestras de cinco tallos por réplica. La cosecha se realizó a los 14 meses de edad en marzo de 1988. Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de aguas residuales. En la tabla I se presenta el análisis químico de las aguas residuales utilizadas en el experimento. El residual de producción de azúcar crudo presenta buena calidad para el riego, según lo establecido por Richards (1954). El residual procedente de la producción de torula no se puede evaluar con los criterios de Richards (1954), pues tienen alto contenido de potasio, fósforo, materia orgánica y nitrógeno. Las sales solubles son altas, pero sus contenidos de sodio, cloruros y la relación de absorción de sodio son bajos.

Análisis de suelo. En la tabla III se presenta el análisis de suelo de muestras tomadas 14 meses después de aplicados los riegos. Se observa influencia de las aguas de torula sobre los contenidos de potasio, los cuales aumentaron al aumentar los volúmenes de residual aplicado. Además, la dosis de 3 000 m^3/ha del residual produjo aumentos significativos en los contenidos de P y materia orgánica. Este comportamiento se corresponde con los contenidos altos de esos elementos en el residual.

Las diferencias que presentan los valores de Cl, Na, Ca, Mg y SST no parecen tener relación con las aplicaciones de los residuales y pueden estar asociadas a las características específicas del suelo en cada parcela, que por la naturaleza del experimento son relativamente grandes.

Análisis foliar. Los residuales de torula produjeron aumentos significativos en las concentraciones de fósforo de las hojas (Tabla IV), obteniéndose los valores más altos con la aplicación de 3 000 m^3/ha del residual. Las concentraciones de N y K no presentaron diferencias significativas, pero se observó una tendencia a aumentar cuando se incrementaron los volúmenes del residual de torula. En todos los casos, los valores obtenidos para los tres elementos son adecuados para la edad, según Samuels *et al.* (1955) y Martín *et al.* (1986).

Análisis azucarero y rendimientos. Los residuales aplicados tuvieron efectos significativos sobre los análisis azucareros y los rendimientos de caña y pol. En la tabla V se observa que los niveles más altos de residual de torula disminuyeron el brix, el pol de jugo y el por ciento de Pol en caña.

Este comportamiento fue bien definido y no se corresponde con lo esperado, ya que los residuales aumentaron el K en el suelo, lo que debe favorecer la formación de sacarosa en la caña (van Dillewijn, 1952).

Tabla III. Influencia de las aplicaciones de aguas residuales sobre las características químicas del suelo. Muestras tomadas 14 meses después de aplicados los riegos.
Profundidad: 0–20 cm

Tratamientos agua residual (m^3/ha)		pH (H_2O)	Materia orgánica (%)	Fósforo asimil. P (ppm)	Cloruros Cl (ppm)	Cationes cambiables (meq/100 g)				SST (ppm)
Prod.de crudo	Prod. de torula					Ca	Mg	K	Na	
3000	–	6.5	2.5 b	13 b	861 a	19.30 a	18.60 a	0.43 c	5.85 a	3510 a
2250	750	6.6	2.4 b	13 b	620 b	14.20 c	18.10 a	0.79 bc	5.07 a	2430 b
1500	1500	6.8	2.2 b	10 c	257 c	17.10 b	15.00 b	1.14 b	3.44 b	1947 c
750	2250	6.6	2.5 b	14 b	229 c	19.80 a	14.00 b	1.79 a	2.07 c	891 d
–	3000	6.8	3.7 a	69 a	161 d	20.70 a	14.60 b	1.60 a	1.25 c	526 c
	$\bar{x}$	6.7	2.5	24	426	18.22	16.06	1.15	3.54	2000
	E.S. $\bar{x}$	0.1 NS	0.2 *	0.6*	16.4 *	0.43 *	0.46 *	0.13 *	0.28 *	46*

P Método Bray y Kurtz número 1
Medias con letras comunes no difieren significativamente, según prueba de rango múltiple de Duncan, para $p < 0.05$

Tabla IV. Análisis foliar. Edad: 5 meses. Método de la hoja TVD

No.	Tratamientos agua residual (m^3/ha)		N (%)	P (%)	K (%)
	Crudo	Torula			
1	3000	–	2.09	0.19 b	1.85
2	2250	750	2.05	0.19 b	1.89
3	1500	1500	2.11	0.22 ab	2.02
4	750	2250	2.30	0.22 ab	2.16
5	–	3000	2.18	0.24 a	2.01
	$\bar{x}$		2.15	0.21	1.99
	E.S $\bar{x}$		0.11 NS	0.01 *	0.12 NS

Medias con letras comunes no difieren significativamente, según prueba de rango múltiple de Duncan, para $p < 0.05$

Este comportamiento puede deberse a que los tratamientos que recibieron las dosis más altas de residual de torula, tuvieron un crecimiento más exhuberante, lo cual produce mayor cantidad de jugo en la caña, aumentando su contenido de humedad y disminuyendo, por efecto de dilución, el porcentaje de pol en caña.

Este concepto se confirma al calcular el contenido de humedad de la caña, el cual se expone en la tabla VI.

Si se comparan esos datos con los valores de brix, pol en jugo y pol en caña, se verá que presentan relación inversa.

Respecto a los rendimientos obtenidos, en la tabla V se puede apreciar que se produjeron aumentos significativos en los valores de caña y pol, a partir de la dosis de 1 500 m^3/ha de residual de torula, produciéndose aumentos en los rendimientos hasta de 40 % sobre el tratamiento que no recibió residual de torula.

Se evidencia que un solo riego con agua de torula no fue suficiente para obtener el máximo potencial de la caña. Estos resultados coinciden con lo obtenido por el Instituto de Azúcar y Alcohol de Brasil (1984), utilizando residual de producción de alcohol.

Los aumentos de rendimientos de la caña, obtenidos con la aplicación de residual de torula en relación con el agua de crudo, se atribuyen a las diferencias en la composición química de las aguas.

CONCLUSIONES

- Las aguas residuales del proceso de producción de azúcar crudo presentan buena calidad para el riego; el residual de torula tiene altos contenidos de materia orgánica y nutrientes, y puede utilizarse para regar y fertilizar la caña.
- Las aplicaciones de residuales de torula producen aumentos en los contenidos de P y K de los suelos y en las concentraciones de P en las hojas.
- Las dosis altas de agua de torula disminuyeron el brix y pol de los jugos y el pol de la caña.
- Los residuales de torula aumentaron los rendimientos de la caña, obteniendo los mejores resultados a partir de las aplicaciones de 1 500 m^3/ha.

BIBLIOGRAFIA

Arzola, N.; C. Reyes y S. González. Caracterización en la zafra 84–85 de las aguas residuales de varios centrales de la provincia de Cienfuegos. Boletín INICA (La Habana)1:31–42, 1986.

La caña de azúcar en Cuba. / J. R. Martín... /*et al.*/.— La Habana : Editorial Científico–Técnica, 1986.— 631 p.

Dillewijn, C. van. Botánica de la caña de azúcar. / C. van Dillewijn.— La Habana : Instituto del Libro, 1969.

Tabla V. Análisis azucareros y rendimientos

Tratamientos agua residual (m^3/ha)			Análisis de jugos				Rendimientos		Aumentos rendimientos caña (%)
No.	Prod. de crudo	Prod.de torula	Brix (%)	Pol (%)	Pureza (%)	Pol caña (%)	Caña (t/ha)	Pol (t/ha)	
1	3000	–	24.84 a	21.92 a	88.65	17.39 a	85.68 b	14.91 b	–
2	2250	750	25.08 a	21.75 a	86.76	17.33 a	91.89 b	15.93 b	7.2
3	1500	1500	24.85 a	21.91 a	88.85	17.50 a	113.49 a	19.89 a	32.2
4	750	2250	23.93 b	21.51 ab	89.84	17.18 b	115.46 a	19.86 a	37.7
5	–	3000	23.75 b	21.09 b	88.90	16.93 b	120.20 a	20.33 a	40.3
	$\bar{x}$		24.49	21.65	88.52	17.26	105.34	17.38	
	E.S. $\bar{x}$		0.24 **	0.19 **	0.88 NS	0.12 *	2.69*	0.40 **	

Medias con letras comunes en la misma columna no difieren significativamente, según prueba de rango múltiple de Duncan, para $p < 0.05$

Tabla VI. Contenido de humedad de la caña en el momento de la cosecha

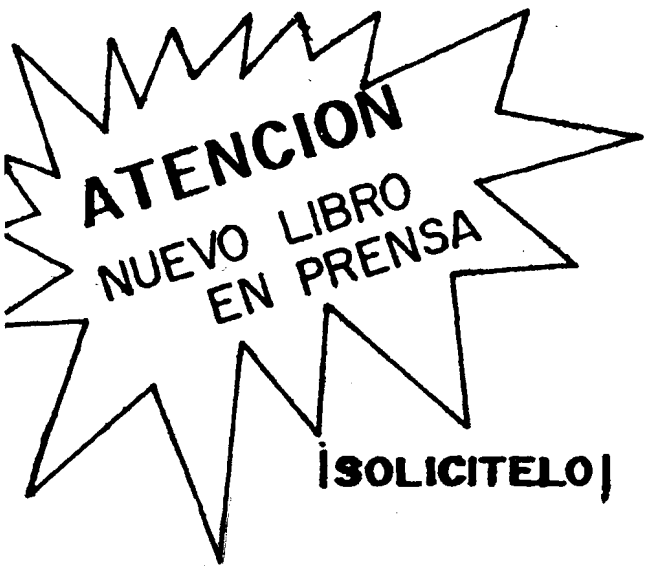
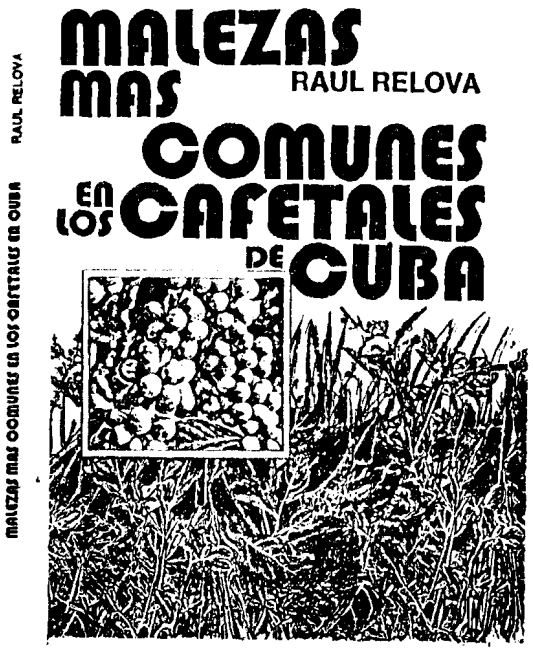
Tratamiento número	Humedad de la caña (%)
1	68.42
2	68.58
3	68.52
4	69.92
5	70.08

Instituto de Azúcar y Alcohol. En pauta. **Brasil Acuc.** (Río de Jan.)102(5):4–10, 1984.

Medel, F. Experiencias de disposición de residuales líquidos de centrales azucareros mediante el riego por aspersión como alternativa efectiva y económica. / F. Medel, H. Chaviano.— **En**: 44 Conf. ATAC. Div. Agric. Memoria, La Habana, 1984.— p. 1–11.

Paneque, V. M. Utilización de las aguas residuales de los procesos de crudo, refinería y destilería del central "Arquímides Colina" para el riego y la fertilización de la caña de azúcar. / V. M. Paneque, P. J. González.— **En**: 44 Conf. ATAC. Dirección Agrícola : Memoria, La Habana, 1984.— p. 12–24.

Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. / L. A. Richards.— Washington : United States Dpt. Agric. USA, 1954.— (Agriculture Handbook, 60).

Samuels, G. [*et al.*]. The method of foliar diagnosis as applied to sugarcane. **Agric. Exp. Sta. Univ. P. Rico Bull.** (San Juan)123, 1955.

Recibido: 3 de enero de 1990
Aceptado: 31 de enero de 1990