

Carta Trimestral

AÑO 27 No. 2 CALI, COLOMBIA 2005

Abril - Junio

www.cenicana.org

TEMAS

NOTAS TÉCNICAS E INFORMATIVAS

Cultivos genéticamente modificados, 2004 2

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en suelos del valle del río Cauca 4

INFORMES

Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, primer semestre de 2005 10

Boletín climatológico: primer semestre de 2005. Red meteorológica automatizada 16

INFORMACIÓN GENERAL

Desarrollos en el sector sucroquímico 19



cenicaña

Centro de Investigación
de la Caña de Azúcar de
Colombia



Pérdidas de nitrógeno por volatilización

En condiciones controladas de invernadero se evaluaron los métodos analíticos micro-Kjeldahl y potenciometría directa con electrodo selectivo de amoníaco para determinar las pérdidas de nitrógeno por volatilización.

Se analizaron además los efectos de algunas características físicas y químicas de los suelos, la forma de aplicación de la urea y la cobertura de residuos de cosecha sobre dichas pérdidas. *Página 4.*

Producción de caña y azúcar, primer semestre de 2005

Análisis descriptivo de la producción azucarera en 84,144 hectáreas cosechadas por doce ingenios del valle del río Cauca. *Página 10.*

Desarrollos en el sector sucroquímico

Información general acerca de los productos químicos de actual y potencial valor comercial obtenidos a partir de la sacarosa. *Página 19.*

Documentación y publicaciones

www.cenicana.org/documentacion/index.htm

Acceso en línea a las referencias bibliográficas de la colección de caña de azúcar y a las publicaciones impresas editadas por Cenicaña

Cultivos genéticamente modificados, 2004*

Entre 1996 y 2004 el área mundial con cultivos comerciales genéticamente modificados o cultivos transgénicos se incrementó más de 47 veces, pasando de 1.7 millones de hectáreas a 81 millones. El 34% del área, equivalente a 27.6 millones de ha, se encuentra en países en vías de desarrollo y el 66%, equivalente a 53.4 millones de ha, en países industrializados.

Este incremento es uno de los más altos en la historia de la agricultura y refleja la velocidad y el potencial de adopción de este tipo de cultivos por parte de los agricultores. Cabe señalar que el número de países que siembra cultivos transgénicos se triplicó durante el período (seis países en 1996; nueve en 1998; 12 en 1999 y 17 en 2004). Entre 2003 y 2004 el área creció en 20%, de 67.7 millones de ha a 81 millones de ha.

En 2004, los cultivos transgénicos con mayor expansión correspondían a soya, algodón, canola y maíz (Figura 1). La resistencia a herbicidas ha sido la característica dominante, seguida por la resistencia a insectos. Los cultivos resistentes a herbicidas ocuparon 58.5 millones de ha (72% del total de cultivos transgénicos), mientras aquellos con resistencia a insectos, identificados con la abreviatura Bt, ocuparon 15.7 millones de ha (20%). Los cultivos con combinaciones genéticas para la resistencia a herbicidas e insectos, tanto de algodón como de maíz, estaban distribuidos en 6.8 millones de ha (8%) (Cuadro 1).

Bt es la abreviatura de *Bacillus thuringiensis*, una bacteria natural del suelo que se caracteriza por producir un cristal de proteína tóxica para insectos, denominado endotoxina delta. El gen que origina dicha toxina es incorporado en la secuencia genética de plantas, especialmente de maíz y algodón, para producir plantas transgénicas resistentes a insectos.

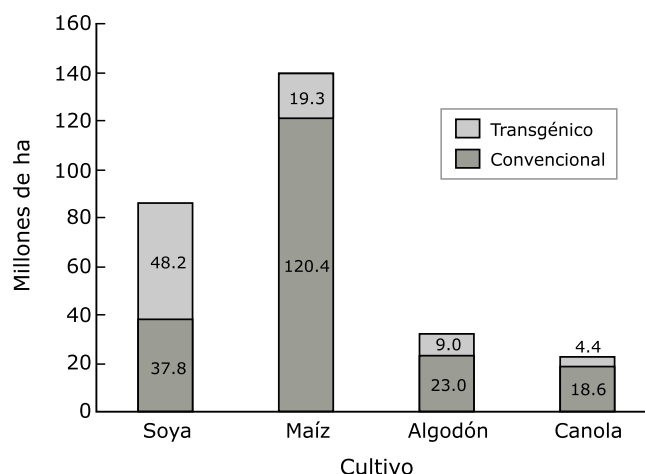


Figura 1. Distribución porcentual del área sembrada a escala mundial con cultivos transgénicos y convencionales de soya, maíz, algodón y canola, 2004.

Cuadro 1. Área sembrada a escala mundial con cultivos genéticamente modificados, 2004.

Cultivo	Área total	
	Millones de ha	%
Soya resistente a herbicidas	48.4	60
Maíz Bt	11.2	14
Algodón Bt	4.5	6
Maíz resistente a herbicidas	4.3	5
Canola resistente a herbicidas	4.3	5
Maíz Bt resistente a herbicidas	3.8	4
Algodón Bt resistente a herbicidas	3.0	4
Algodón resistente a herbicidas	1.5	2
Total	81	100

* Resumen elaborado por Fernando Ángel Sánchez, Biotecnólogo Ph.D., Programa de Variedades, Cenicaña <fangel@cenicana.org>.
Fuente: James, C. 2004. AVANCES: Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2004. ISAAA Brief No.32. ISAAA: Ithaca, NY.
Documento completo en: <www.isaaa.org>

Las estadísticas muestran que 8.25 millones de agricultores de 17 países cultivaban transgénicos en 2004; el 90% pertenecen a países en vías de desarrollo y son considerados de bajos recursos. Las cifras acumuladas entre 1996 y 2004 señalan que 25 millones de agricultores sembraron 385 millones de hectáreas durante el período.

En 2004, el mercado global de cultivos genéticamente modificados registró 4.7 billones de dólares. Lo anterior representa el 15% de los 32.5 billones invertidos en protección de cultivos y el 16% de los 30 billones utilizados en el mercado de semillas comerciales en 2003. El valor de cotización del mercado mundial de cultivos transgénicos se basa en el precio de venta de la semilla transgénica más los aranceles de tecnología que correspondan.

Cultivos transgénicos por país

En los últimos años, países de Europa del Este, Asia y Latinoamérica se han sumado a la lista de los que siembran transgénicos desde 1996 como Estados Unidos, Canadá y Argentina.

De acuerdo con los reportes por país, en 2004 se registraron áreas nuevas superiores a las 50 mil hectáreas en Estados Unidos, Argentina, Canadá, Brasil, China, Paraguay, India, Sudáfrica, Uruguay, Australia, Rumania, México, España y Filipinas (Cuadro 2).

Paraguay reportó por primera vez 1.2 millones de hectáreas con soya transgénica, equivalentes al 60% del área nacional con este cultivo (2 millones de hectáreas). India incrementó el área sembrada con algodón transgénico en 400%, seguida por Uruguay (200%), Australia (100%), Brasil (66%), China (32%), Sudáfrica (25%), Canadá (23%), Argentina (17%) y Estados Unidos (11%).

La soya resistente a herbicidas continuó como el cultivo comercial dominante en Estados Unidos, Argentina, Canadá, Brasil, Paraguay, Sudáfrica, Uruguay, Rumania y México. El segundo cultivo en área es el maíz Bt cultivado comercialmente en Estados Unidos, Argentina, Canadá, Sudáfrica, Uruguay, España, Filipinas, Honduras y Alemania. El tercer cultivo es el algodón Bt cultivado en Estados Unidos, Argentina, China, India, Sudáfrica, Australia, México y Colombia.

En China, India, Argentina, Sudáfrica y Brasil, principales cinco países en desarrollo, la extensión del área con transgénicos aumentó considerablemente. En conjunto, estos países sembraron aproximadamente 26 millones de hectáreas con algodón, soya y maíz modificados genéticamente (Cuadro 3).

Cuadro 2. Área sembrada con cultivos transgénicos por país a diciembre de 2004.

País	Cultivo	Área en millones de ha
Estados Unidos	Soya, maíz, algodón y canola	47.6
Argentina	Soya, maíz y algodón	16.2
Canadá	Canola, maíz y soya	5.4
Brasil	Soya	5.0
China	Algodón	3.7
Paraguay	Soya	1.2
India	Algodón	0.5
Sudáfrica	Maíz, soya y algodón	0.5
Uruguay	Soya y maíz	0.3
Australia	Algodón	0.2
Rumania	Soya	0.1
México	Algodón y soya	0.1
España	Maíz	0.1
Filipinas	Maíz	0.1
Colombia	Algodón	<0.05
Honduras	Maíz	<0.05
Alemania	Maíz	<0.05

Cuadro 3. Distribución del área sembrada con cultivos transgénicos y convencionales en los principales cinco países en desarrollo, 2004.

País	Cultivo	Área en millones de ha	
		Convencional	Transgénico
China	Algodón	1.9	3.7
India	Algodón	8.5	0.5
Argentina	Soya	0.25	14.5
	Maíz	1.3	1.7
	Algodón	0.075-0.1	0.025
Brasil	Soya	18	5
Sudáfrica	Maíz	2.2	0.4
	Soya	0.07	0.07
	Algodón	0.005-0.01	0.03

Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en suelos del valle del río Cauca

Sonia Ordoñez, Rafael Quintero, Jesús E. Larrahondo, Alonso Jaramillo*

Introducción

El nitrógeno (N) es el nutrimento que más limita la producción de la caña de azúcar en los suelos de la parte plana del valle del río Cauca. Esta limitación se explica por las exigencias nutricionales del cultivo, los contenidos medianos de materia orgánica de los suelos (menores de 4%) y las altas temperaturas del aire en la región. Por tanto, el suministro de este elemento es importante en los planes de fertilización del cultivo.

La urea es uno de los fertilizantes más utilizados en la industria azucarera por su alta concentración de nitrógeno (46%) y su costo bajo. Sin embargo, cuando se usa inapropiadamente pueden ocurrir pérdidas por volatilización en forma de amoníaco (NH_3) (Russell y Russell, 1968). Es por ello que numerosos grupos de investigación han dedicado esfuerzos a determinar en qué medida estas pérdidas comprometen el efecto de la urea y cuáles son las prácticas adecuadas para disminuirlas.

Los resultados de investigaciones realizadas en distintas partes del mundo indican que la magnitud de las pérdidas de amoníaco varía en función de las condiciones del suelo, el ambiente y el manejo. Se citan condiciones en las que no se registran pérdidas y situaciones en las que se pierde entre 35% y 50% del nitrógeno aplicado, debido al mal uso del fertilizante (Lara *et al.*, 1987; Zamora *et al.*, 2000).

Para cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en los suelos más representativos del valle del río Cauca, Cenicaña implementó un sistema captador de amoníaco, como el descrito por Boaretto y sus colaboradores en 1987, que puede ser utilizado en estudios de laboratorio y en trabajos de campo.

La concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) proveniente del sistema de volatilización directa se determinó a partir de los métodos analíticos Kjeldahl y potenciometría directa con electrodo selectivo de amoníaco, los cuales a su vez se evaluaron en cuanto a precisión, factibilidad técnica de adopción y manejo de la muestra. Ambas metodologías han sido utilizadas en diversos experimentos para medir la concentración de nitrógeno amoniacal en muestras acuosas.

De acuerdo con los objetivos específicos de la investigación, se analizó la influencia de algunas características físicas y químicas de los suelos en las pérdidas de nitrógeno por volatilización, se cuantificaron las pérdidas con dos formas de aplicación de la urea y los efectos de los residuos de caña sin quemar en las pérdidas, a partir de la urea aplicada al suelo.

Metodología

Se seleccionaron 20 parcelas identificadas con los 20 suelos más representativos del valle del río Cauca: Manuelita, Palmira, Palmirita, Nima, Guadualito, Florida, Líbano, Río La Paila y Río Palo (Mollisols); Puerto Tejada, Palmeras, Bengala, Marruecos (Inceptisols); Galpón, Herradura, Burregá, Esneda (Vertisols); Juanchito (Entisols); Argelia (Alfisols) y San Julián (Ultisols). En los surcos centrales de cada parcela, en puntos elegidos al azar, se tomaron muestras compuestas de suelo a 30 cm del centro de las líneas de plantación y a 20 cm de profundidad.

* Respectivamente: Química, joven investigadora, Cenicaña <quimipaty@hotmail.com>. Ingeniero Agrónomo M.Sc., edafólogo Cenicaña <rquintero@cenicana.org>. Químico Ph.D., químico jefe Cenicaña <jelarrahh@cenicana.org>. Químico Ph.D., profesor Universidad del Valle.

En macetas de plástico con capacidad de 3000 cm³ se colocaron 2700 g de cada suelo previamente homogeneizado, con el propósito de llevarlo a capacidad de campo. Determinada la capacidad hídrica de cada suelo, cada muestra se pasó a un recipiente de vidrio al que se le ajustó un colector de amoníaco que contenía ácido sulfúrico (H₂SO₄) con 1.0 meq/ml de concentración para absorber el analito (Figura 1). A cada suelo se le aplicaron 4.9 g de urea (2.25 g de N) en forma de banda de 15 cm, lo cual se asemeja a la dosis de 100 kg de N/ha utilizada comúnmente en condiciones de campo.

Se cuantificaron las pérdidas medias y totales de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en cada suelo a través de los métodos de destilación Kjeldahl y potenciométrico con electrodo selectivo de amoníaco, teniendo en cuenta el orden de suelo, dos formas de aplicación de la urea (en banda superficial y en banda incorporada) y la presencia de residuos de cosecha (Figura 2).



Figura 1. Colector de amoníaco análogo a un sistema de volatilización directa.



Figura 2. Formas de aplicación de la urea (izquierda) y los residuos de cosecha (derecha) en los suelos evaluados.

Resultados y discusión

Los resultados se presentan en cuatro apartes, de acuerdo con los objetivos de la investigación.

Cuantificación química de las pérdidas de nitrógeno amoniacal a partir de los métodos Kjeldahl y electrodo selectivo de amoniaco

Se utilizó el método convencional Kjeldahl para determinar la concentración de nitrógeno volatilizado en forma amoniacal en los suelos Río La Paila (Fluventic Haplustolls) del orden Mollisols y Juanchito (Vertic Tropic Fluvaquents) del orden Entisols. Las pérdidas amoniacales se estabilizaron después de 20 días de la aplicación de urea en banda superficial; por tanto, la cuantificación química del amoniaco volatilizado se efectuó considerando este lapso como tiempo máximo de disminución de las pérdidas.

A partir del segundo día después de la aplicación de urea en la superficie del suelo y hasta el séptimo día, las pérdidas de nitrógeno por volatilización comenzaron a ser significativas (Figura 3). El séptimo día se registraron los mayores valores de pH del suelo, la mayor actividad de la ureasa, las mayores concentraciones de nitrógeno amoniacal, el desplazamiento del equilibrio entre NH_4^+ / NH_3 hacia este último (reacción 1) y los mayores niveles de NH_3 gaseoso en relación con el NH_3 presente en la solución edáfica.

Reacción 1.

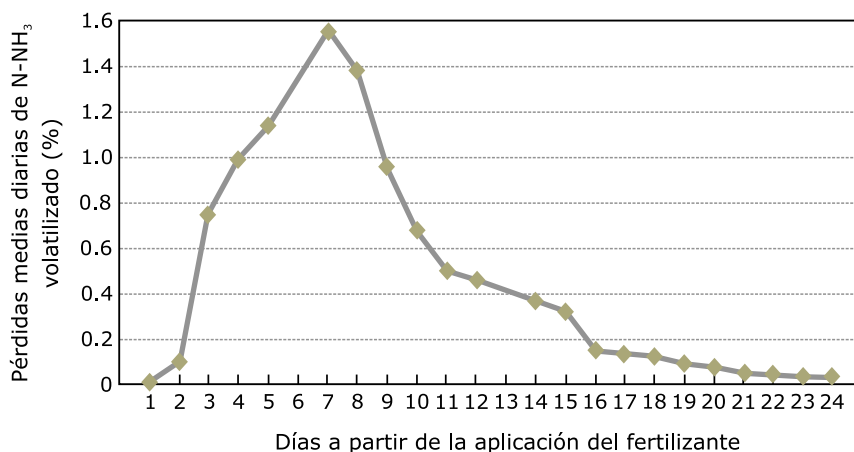
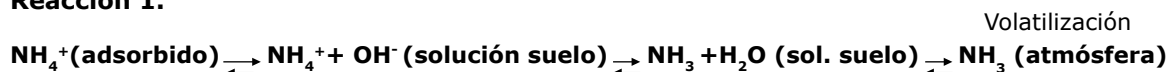


Figura 3. Estimaciones diarias de las pérdidas medias de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) volatilizado en dos suelos arcillosos, Río La Paila del orden Mollisols y Juanchito del orden Entisols, donde se aplicó urea en banda superficial de 15 cm. Cuantificación química por el método estándar (destilación Kjeldahl).

La evaluación estadística de los dos métodos analíticos se realizó mediante pruebas de significancia a partir de las pérdidas medias de nitrógeno volatilizado estimadas los días 5, 11 y 20 después de la aplicación de urea en una banda superficial de 15 cm en 12 suelos (Manuelita, Palmira, Palmirita, Florida, Líbano, Río Palo, Puerto Tejada, Palmeras, Bengala, Galpón, Burriqá y Esneda). Los resultados señalaron diferencias significativas entre los métodos (Cuadro 1). Sin embargo, se observó alta correlación estadística ($R^2=0.99$) entre los datos experimentales (Figura 4).

Las estimaciones de pérdidas de nitrógeno volatilizado (promedios) fueron mayores con el método del electrodo selectivo que con el método Kjeldahl. En todos los casos, la variabilidad observada en las mediciones fue menor con el electrodo selectivo en comparación con el Kjeldahl (Cuadro 2).

Cuadro 1. Comparación de las pérdidas medias de nitrógeno amoniacal estimadas por los métodos analíticos Kjeldahl y electrodo selectivo de amoniaco después de 5, 11 y 20 días de la aplicación de urea en banda superficial en 12 suelos del valle del río Cauca.

Método analítico	Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃) volatilizado en 15 cm de urea aplicada en banda superficial (mg)			N-NH ₃ volatilizado (%)
	Día 5	Día 11	Día 20	
Kjeldahl	44.8b*	35.9a	8.9b	10.3b
Electrodo selectivo	49.3a	36.9a	10.2a	11.1a

* Valores en una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente (Duncan P<0.05).

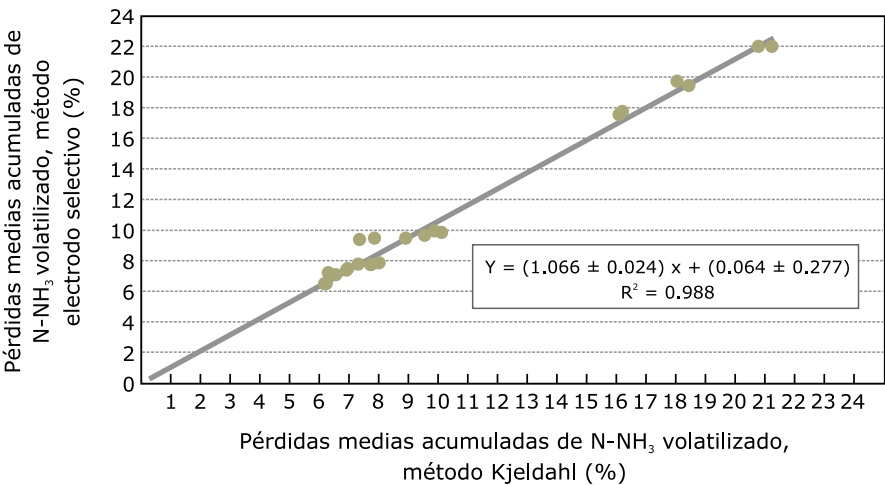


Figura 4. Correlación de las pérdidas medias acumuladas de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) volatilizado determinadas por los métodos Kjeldahl y electrodo selectivo de amoniaco en 12 suelos del valle del río Cauca.

Cuadro 2. Evaluación de la precisión de los métodos analíticos Kjeldahl y electrodo selectivo de amoniaco en la estimación de las pérdidas de nitrógeno amoniacal volatilizado en 12 suelos del valle del río Cauca.

Método analítico	Resultados estadísticos fundamentales		
	Repetibilidad	Coefficiente de variación (%)	Desviación estándar
Kjeldahl	0.68	6.13	1.57
Electrodo selectivo	0.18	2.30	0.90

En los suelos Juanchito y Río La Paila, evaluados en la etapa de estandarización por el método Kjeldahl, se estimaron pérdidas de N-NH₃ entre 9.80% y 9.91%, respectivamente. Los suelos Esneda, Burringá, Palmira y Palmeras, de texturas arcillosa y franco-arcillosa, presentaron los niveles más bajos de pérdidas de N-NH₃, entre 6.28% y 6.98%. Los valores más altos se observaron en los suelos Bengala y Río Palo, de textura franco-arcillo-arenosa, en los que se registraron pérdidas de N-NH₃ de 21.03% y 18.26%, respectivamente.

Correlación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización con algunas características físicas y químicas de los suelos

En esta investigación se observó que el porcentaje de pérdida de N-NH_3 fue mayor en suelos con contenidos bajos de materia orgánica (Figura 5). Los suelos con contenidos altos de arcilla o de materia orgánica poseen una capacidad de intercambio catiónico más alta que disminuye la volatilización al retener el amonio liberado de la hidrólisis de la urea en los sitios de intercambio.

El pH del suelo afectó la magnitud de las pérdidas amoniacaes por volatilización. En suelos con los mismos niveles de arcilla y materia orgánica, las pérdidas amoniacaes aumentaron con el incremento del pH del suelo (Figura 6). La producción de bicarbonato (HCO_3^-) mediante la hidrólisis de la urea genera un pH alcalino que intensifica la conversión del ión amonio (NH_4^+) a amoniaco (NH_3). Por lo tanto, el incremento del pH alrededor del gránulo de fertilizante es sin duda el factor desencadenante de la volatilización de amoniaco.

Los cambios de pH por efecto del fertilizante son menores en suelos con capacidad buffer alta, de manera que en estos suelos las pérdidas de nitrógeno por volatilización son más bajas que en aquellos con capacidad buffer baja. En términos generales, la capacidad buffer de un suelo está asociada en forma directa con la capacidad de intercambio catiónico del mismo; esta capacidad aumenta cuanto más elevados sean los contenidos de arcilla y materia orgánica del suelo.

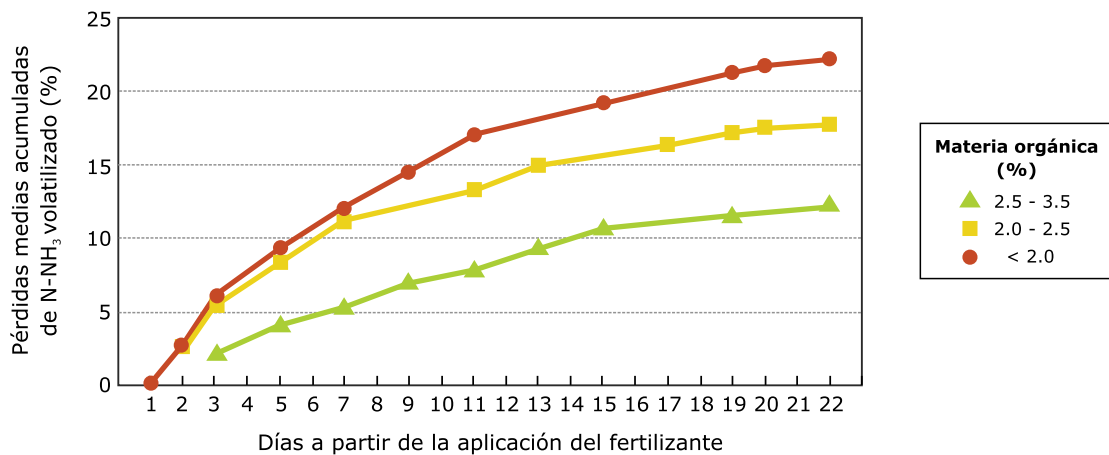


Figura 5. Pérdidas medias acumuladas de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) volatilizado en función del porcentaje de materia orgánica en 20 suelos del valle del río Cauca.

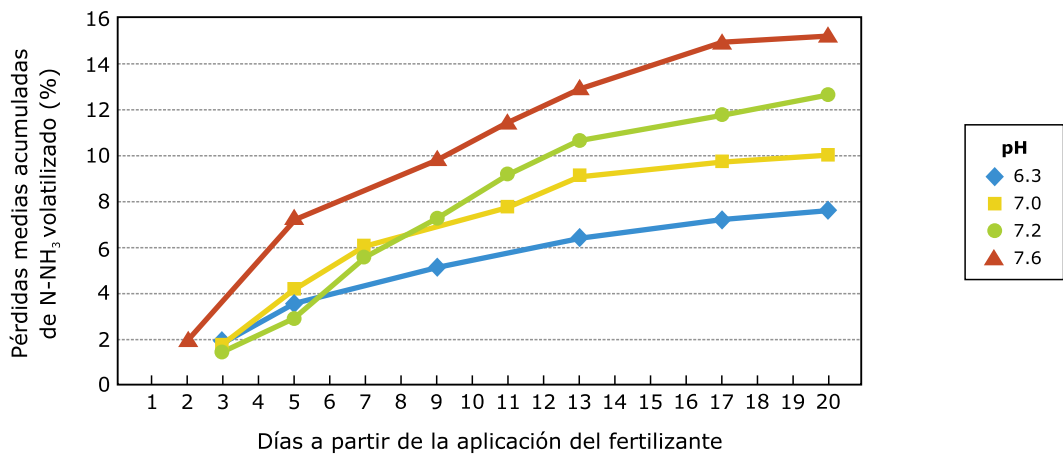


Figura 6. Pérdidas medias acumuladas de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) volatilizado en función del pH en 20 suelos del valle del río Cauca.

Efecto de la forma de aplicación de la urea en las pérdidas de nitrógeno por volatilización

La forma de aplicación de la urea fue un factor determinante en el nivel de pérdidas de nitrógeno por volatilización, al punto que los tres factores antes mencionados (materia orgánica, pH y capacidad de intercambio catiónico del suelo) pasaron a tener un efecto relativo o nulo.

En los suelos Nima y Guadualito, de textura franco-arcillosa, se observaron pérdidas de 13.05% y 15.22% de N-NH_3 , respectivamente, cuando la urea fue aplicada en banda superficial. En los mismos suelos, con la aplicación de urea en banda incorporada al suelo, se observaron pérdidas de 0.23% y 0.82% de N-NH_3 respectivamente.

Los resultados demuestran que las pérdidas de amoníaco volatilizado se minimizan cuando el fertilizante se aplica en banda e incorporado al suelo. Además, cuando la urea se encuentra debajo de la superficie del suelo se favorece la amonificación, etapa en la cual el nitrógeno amídico (NH_2) se transforma en amonio (NH_4^+), lo cual facilita la transformación del ión amonio hacia las formas nítricas, que es como lo toman generalmente las plantas.

Efecto de la cobertura de residuos de cosecha de caña en las pérdidas de nitrógeno por volatilización

La volatilización del amoníaco disminuyó significativamente en suelos con residuos de cosecha donde la urea se aplicó en banda e incorporada, en comparación con los suelos sin residuos. La cobertura de residuos hace que los suelos estén más fríos, más húmedos, menos aireados y más densos.

La descomposición de los residuos en la superficie del suelo da origen a ciertos ácidos orgánicos que, a largo plazo, proporcionan una capa ácida en la superficie de los suelos minerales, lo cual contribuye a disminuir la volatilización del amoníaco. También la temperatura del suelo actúa sobre el equilibrio de las formas de amoníaco en solución y amoníaco gas, ya que al reducirse la temperatura se incrementa la forma del amoníaco disuelto (ión amonio).

Conclusiones

- Las dos metodologías analíticas evaluadas presentaron diferencias significativas con respecto a las determinaciones de nitrógeno volatilizado. La potenciometría directa con electrodo selectivo de amoníaco mostró un alto grado de precisión, por lo cual se propone como técnica alternativa para cuantificar las pérdidas de nitrógeno amoniacal.
- Las pérdidas de nitrógeno amoniacal dependen de la forma de aplicación de la urea. Dichas pérdidas disminuyeron significativamente cuando la urea se aplicó en banda e incorporada al suelo, y cuando se cubrió la superficie del suelo con residuos de cosecha de caña.
- Los efectos del pH del suelo, el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en las pérdidas de nitrógeno amoniacal coincidieron con los reportados en la literatura, aunque la magnitud de las pérdidas fue menor en el presente trabajo debido a que la mayoría de los suelos evaluados presentaron reacciones casi neutras y ligeramente ácidas, y alta capacidad de intercambio catiónico.

Referencias bibliográficas

- Boaretto, M.C.; Chitolina, J.C. y Gloria, N.A. 1987. Avaliação de um sistema para determinação por volatilização de NH_3 . En: Congresso Nacional da STAB e Convecao da ACTALAC (4: 1987: Olinda, Brasil). Anais. S. I. Sociedade dos Técnicos Açurareiros e Alcooleiros do Brasil. STAB. p.59-63.
- Lara, W.A.; Trivelin, P.C.O.; Victoria, R.L.; Camargo, P.B. y Piccolo, M. 1987. Volatilização de amonia da ureia-15N e aquamonía-15N aplicadas na cultura da cana-de-açúcar em condições de campo. En: Congresso Nacional da STAB e Convecao da ACTALAC (4: 1987: Olinda, Brasil). Anais. S. I. Sociedade dos Técnicos Açurareiros e Alcooleiros do Brasil. STAB. p.50-57.
- Ordoñez M., S.P. 2004. Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en suelos del Valle del Cauca. Tesis Química. Cali, Universidad del Valle. 120 p.
- Russell, E.J y Russell, E.W. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Madrid, Aguilar. 801 p.
- Pérez Z., F; Scandalariis, G.; Fadda, G. y Argiro, E. 2000. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Criterios para una labor eficiente. Tucumán, EEAOC. 28 p. (Publicación especial, no. 18)

Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, primer semestre de 2005

Alberto Palma Z.; Liliana María Calero S.; Enrique Cortés B.*



En este informe se presentan los resultados de la producción comercial de la agroindustria azucarera colombiana durante el primer semestre de 2005, correspondientes a la caña cosechada por doce ingenios localizados en el valle del río Cauca en tierras con manejo directo de éstos y en tierras de proveedores.

Los datos fueron suministrados por los ingenios Carmelita, Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos. En los indicadores de fábrica no se incluyen datos de Carmelita ni Central Tumaco.

En el primer semestre de 2005 se registraron incrementos en el área cosechada y el número de corte de la caña con respecto al mismo período de 2004, mientras que los demás indicadores de la productividad de campo mostraron disminuciones. En fábrica, la molienda y el rendimiento real con base en 99.7% pol fueron inferiores en comparación con el mismo semestre de 2004. Las pérdidas de sacarosa en bagazo % caña no presentaron variaciones marcadas con respecto al año anterior y las pérdidas en miel final disminuyeron (Cuadro 1).

De acuerdo con los registros de las 29 estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA), los valores de precipitación, radiación solar media diaria y oscilación media diaria de la temperatura en el primer semestre de 2005 fueron inferiores en comparación con las respectivas medias multianuales de 1994-2005. Con respecto al primer semestre de 2004, la precipitación media fue superior en 17.9%; la radiación solar media diaria fue menor en 5.1% y la oscilación media diaria de la temperatura, en 0.7 °C (Figura 1).

* Respectivamente: Matemático, M.Sc.; biometrista del Servicio de Análisis Económico y Estadístico <aepalma@cenicana.org>. Química, M.Sc.; Programa de Procesos de Fábrica <lmcalero@cenicana.org>. Ingeniero Meteorólogo, M.Sc.; meteorólogo de la Superintendencia de la Estación Experimental <ecortes@cenicana.org>

Cuadro 1. Indicadores de productividad de la industria azucarera colombiana, primer semestre de 2004 y 2005.

Indicador	Primer trimestre 2005	Segundo trimestre 2005	Primer semestre		
			2004	2005	Diferencia 2004-2005 (%)
Campo (datos de doce ingenios)					
Área cosechada (ha)	44,700	39,444	81,211	84,144	3.6
Número de suertes cosechadas	5,473	5,064	10,051	10,537	4.8
Edad de corte (meses)	13.7	13.3	14.1	13.5	-4.3
Número de corte	4.4	4.7	4.3	4.6	7.0
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	120	122	129	121	-6.3
Toneladas de caña por hectárea mes (TCHM)	8.9	9.2	9.3	9.1	-2.2
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	13.9	14.1	15.1	14.0	-7.3
Toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM)	1.03	1.07	1.09	1.05	-3.7
Toneladas totales de caña cosechada	5,346,978	4,795,738	10,451,691	10,142,716	-3.0
Toneladas totales de azúcar (estimadas) ¹	620,595	555,344	1,223,840	1,175,938	-3.9
Rendimiento comercial (%) ²	11.6	11.6	11.7	11.6	-0.9
Fábrica (datos de diez ingenios) ³					
Total de toneladas de caña molida ⁴	5,230,053	4,616,925	9,981,144	9,846,978	-1.3
Total de toneladas de azúcar producido ⁵	606,565	540,699	1,176,412	1,147,264	-2.5
Rendimiento real en base a 99.7% Pol ⁶	11.7	11.7	11.8	11.7	-1.0
Fibra % caña	14.90	15.00	14.63	14.95	2.2
Sacarosa aparente % caña	13.39	13.37	13.51	13.38	-0.9
Pérdidas de sacarosa en bagazo % caña	0.54	0.53	0.53	0.54	1.2
Pérdidas de sacarosa en cachaza % caña	0.08	0.01	0.09	0.09	2.6
Pérdidas de sacarosa en miel final % caña	0.82	0.81	0.86	0.81	-5.0
Pérdidas de sacarosa indeterminadas % caña	0.26	0.28	0.25	0.27	6.9
Clima (datos de 29 estaciones RMA) ⁷					
Precipitación (mm)	243	300	461	543	17.9 %
Radiación solar media diaria (cal/cm²xdía)	389	395	413	392	-5.1 %
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	10.6	10.2	11.1	10.4	-0.7 °C
Condición climática externa	Normal (sobrecalent.)	Normal (sobrecalent.)	Normal (sobrecalent.)	Normal (sobrecalent.)	—

1. Toneladas totales de azúcar (estimadas): Suma de las toneladas totales de azúcar de todas las suertes cosechadas durante el período, estimadas con base en el rendimiento comercial multiplicado por las toneladas totales de caña cosechadas en cada suerte.
2. Rendimiento comercial: Porcentaje (%) de azúcar (en peso) recuperado por tonelada de caña molida. Resultado promedio ponderado por las toneladas totales de caña molida.
3. Todas las cifras de fábrica corresponden a promedios ponderados con respecto a las toneladas totales de caña molida reportadas por 10 ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Interingenios.
4. Total de toneladas de caña molida: Comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el período menos el saldo en patios al finalizar el período (existencias + caña entrada – saldo patios).
5. Total de toneladas de azúcar producido: Suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido.
6. Rendimiento real: Porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida, en donde el azúcar neto corresponde al azúcar elaborado y empacado más la diferencia de los inventarios anterior y actual del azúcar de los materiales en proceso en el período considerado (mieles, masas, magmas, meladuras y jugos). Este índice convierte todos los tipos de azúcares a una misma base de contenido de pol 99.7º, el cual corresponde al tipo de azúcar de mayor producción en el sector, el azúcar blanco.
7. RMA: Red Meteorológica Automatizada

Valores medios multianuales 1994-2005	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)
Primer trimestre	283	423	11.0
Segundo trimestre	366	397	10.2
Primer semestre	649	410	10.6

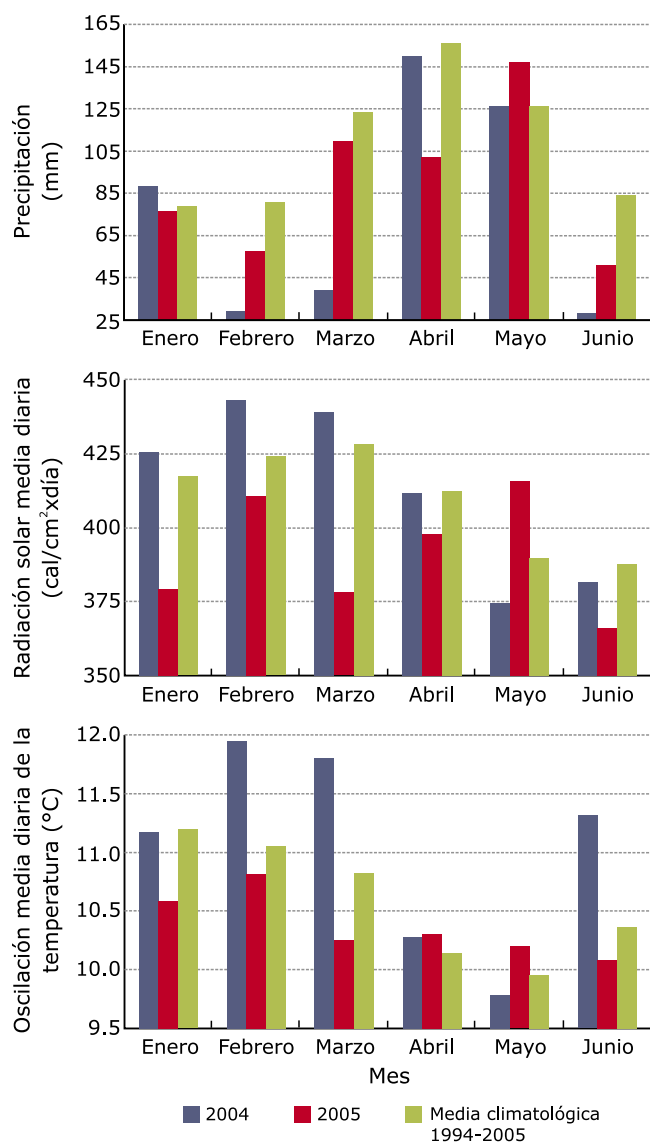


Figura 1. Precipitación atmosférica, radiación solar media diaria y oscilación media diaria de la temperatura. Promedios para el valle del río Cauca. RMA.

Campo

En el primer semestre de 2005 disminuyó la producción de azúcar con respecto al mismo período de 2004 como consecuencia de los descensos registrados en las toneladas de caña producidas por hectárea (TCH) y en el rendimiento comercial o porcentaje de azúcar recuperado por cada tonelada de caña molida.

En enero se registraron los niveles más bajos de producción de caña, situación que se venía observando desde noviembre de 2004. Aunque a partir de febrero ocurrieron mejoras, todos los meses de 2005 mostraron valores por debajo de los registrados en el mismo período de 2004. La disminución de las TCH está asociada con la cosecha de cañas de menor edad y mayor número de corte (Figura 2).

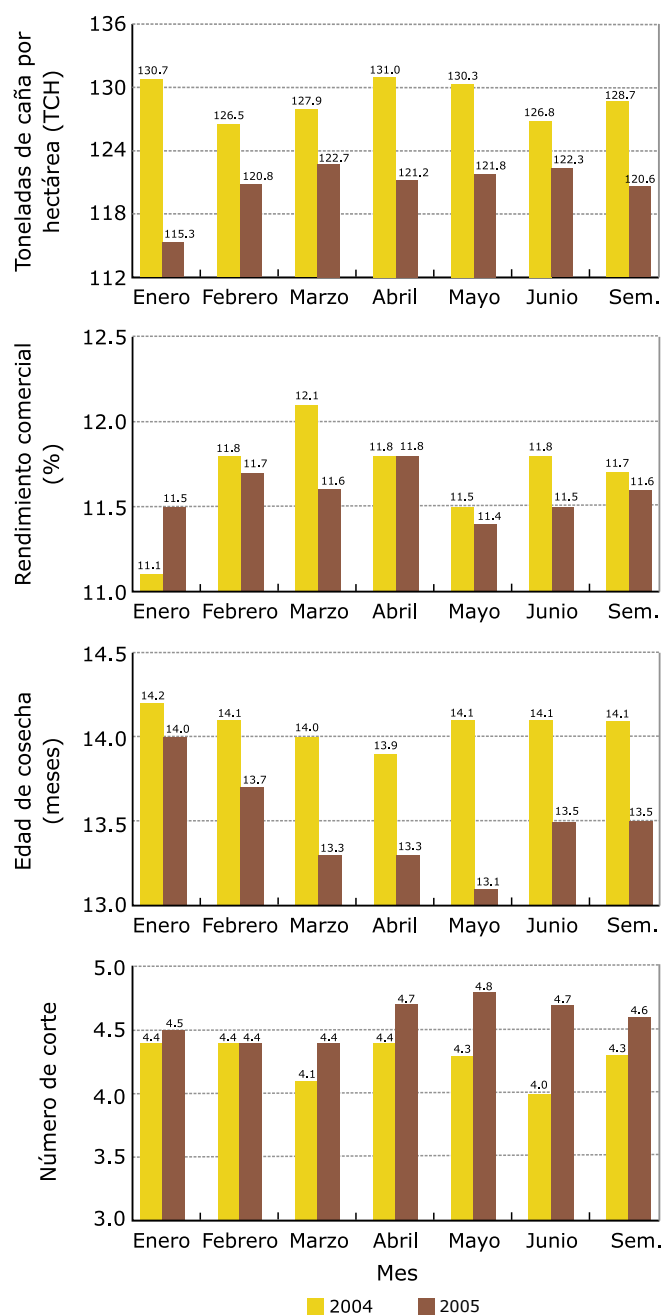


Figura 2. Producción de caña, rendimiento comercial en azúcar, edad y número de corte de la caña cosechada, primer semestre de 2004 y 2005. Colombia. Datos de doce ingenios.

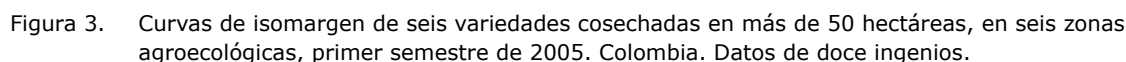
El rendimiento comercial fue muy variable en los primeros seis meses de 2005. El valor más bajo se observó en mayo, cuando se registraron las precipitaciones más altas y las edades de cosecha más bajas del semestre.

Las variedades de caña más cosechadas fueron CC 85-92, CC 84-75, V 71-51, PR 61-632, MZC 74-275 y RD 75-11, con una participación en el 90% del área cosechada. Los mayores incrementos de área se registraron con la variedad CC 85-92 (Cuadro 2).

Variedades	Participación en el área cosechada (%)	
	Primer semestre 2004	Primer semestre 2005
CC 85-92	51.5	54.0
CC 84-75	16.4	16.3
V 71-51	10.8	9.8
PR 61-632	4.8	4.0
Miscelánea	3.0	3.5
MZC 74-275	4.6	3.3
RD 75-11	1.9	2.3
CC 87-505	0.7	0.9
MZC 84-04	0.8	0.8
CC 87-434	1.0	0.8
Co 421	1.0	0.7
CC 93-7510	0.1	0.4
MZC 82-11	0.6	0.4
CC 92-2198	0.2	0.3
CC 85-63	0.3	0.2
CC 84-56	0.3	0.2
CC 93-7513	0.2	0.2
CC 85-68	0.2	0.1
Otras	1.7	1.6

En la Figura 3 se muestra el índice de margen operacional (IMO) de las variedades cosechadas en más de 50 hectáreas en cada una de las seis zonas agroecológicas, través de curvas de isomargen. El 100% de IMO corresponde al promedio de la utilidad operacional de todas las suertes cosechadas por la industria, con el supuesto de que todas corresponden a tierras propias de los ingenios. Fue calculado con base en el precio ponderado del azúcar a diciembre de 2004, según tipo de azúcar y mercados, y el promedio de los costos directos de producción por tonelada de azúcar a diciembre de 2004 (sin incluir el costo de la tierra). De acuerdo con la observación, en el 68% del área se tuvo un IMO superior al promedio de la industria y en el 32%, un IMO inferior.

Los valores más bajos de IMO tuvieron lugar en la zona 9C3 con las variedades PR 61-632 y RD 75-11 y en la zona 6C1 con RD 75-11. En estas zonas, ambas variedades presentaron TCH y rendimientos bajos.



Cuadro 3. Productividad de las variedades más cosechadas en las seis zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana. Primer semestre de 2005. Datos de doce ingenios.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
2C0 (6901 ha cosechadas)	CC 85-92	366	4066	11.9	137	16.2	10.5	1.24	13.1	3.8
	V 71-51	72	759	11.5	125	14.3	9.3	1.07	13.5	9.1
	PR 61-632	40	584	11.9	122	14.6	9.2	1.09	13.4	5.8
	MZC 74-275	39	433	11.9	116	13.8	9.0	1.06	13.0	8.5
	CC 84-75	37	394	11.6	132	15.3	9.9	1.15	13.4	5.4
	RD 75-11	3	54	10.5	141	14.8	10.3	1.08	13.7	11.0
			6290							
2C1 (5397 ha cosechadas)	CC 85-92	347	3345	11.8	135	15.9	10.2	1.21	13.4	4.0
	CC 84-75	87	745	11.2	129	14.5	10.4	1.16	12.5	4.3
	MZC 74-275	57	375	11.3	126	14.2	9.1	1.03	14.2	9.3
	V 71-51	54	411	11.4	130	14.8	9.8	1.11	13.6	5.6
	PR 61-632	15	102	10.5	130	13.6	9.9	1.04	13.2	6.6
	RD 75-11	1	5	11.5	79	9.1	5.3	0.61	14.9	8.0
			4983							
5C1 (4040 ha cosechadas)	CC 85-92	357	3029	11.5	114	13.1	8.9	1.02	13.0	4.1
	CC 84-75	64	533	11.3	113	12.7	8.9	1.00	12.8	5.1
	V 71-51	14	131	11.2	122	13.7	8.9	1.00	13.7	9.5
	RD 75-11	11	47	11.4	98	11.2	7.1	0.81	13.9	8.9
	PR 61-632	9	75	11.2	111	12.4	8.1	0.90	13.8	5.3
	MZC 74-275	5	24	10.0	94	9.4	6.4	0.63	14.8	11.7
			3840							
6C0 (5888 ha cosechadas)	CC 85-92	303	3527	12.0	132	15.8	9.9	1.19	13.3	4.0
	CC 84-75	86	804	11.7	122	14.2	9.2	1.07	13.4	5.2
	V 71-51	67	671	11.5	130	15.0	10.0	1.15	13.1	8.2
	PR 61-632	29	324	11.8	129	15.2	9.4	1.11	13.8	4.9
	MZC 74-275	11	144	11.9	117	13.9	8.9	1.06	13.2	8.4
	RD 75-11	2	14	12.3	127	15.6	9.4	1.15	13.6	8.1
			5483							
6C1 (7848 ha cosechadas)	CC 85-92	365	3954	12.0	124	14.8	9.5	1.13	13.2	3.7
	CC 84-75	135	1376	11.7	121	14.1	9.4	1.10	12.9	3.5
	V 71-51	109	975	12.0	113	13.5	8.3	0.99	13.8	5.4
	MZC 74-275	26	287	12.8	98	12.6	7.2	0.92	13.9	8.2
	PR 61-632	24	211	10.9	123	13.3	9.3	1.01	13.3	6.1
	RD 75-11	7	79	11.1	110	12.2	8.4	0.93	13.2	7.1
			6881							
9C3 (4856 ha cosechadas)	CC 85-92	311	2017	11.6	116	13.5	8.6	1.00	13.8	3.6
	CC 84-75	205	1427	11.4	108	12.4	7.8	0.89	14.2	3.9
	RD 75-11	27	218	10.9	112	12.2	7.8	0.85	14.5	7.3
	V 71-51	23	205	11.3	121	13.7	8.2	0.93	15.1	5.3
	PR 61-632	9	92	10.1	107	10.8	7.2	0.73	15.0	3.2
	MZC 74-275	7	23	11.6	122	14.1	8.9	1.04	13.6	5.9
			3981							
Desviación estándar	Mínimo			0.5	1	1.4	0.12	0.10	0.05	1.4
	Máximo			2.7	35	4.0	2.32	0.30	2.49	4.1

Fábrica

Las cifras que se presentan a continuación corresponden a diez ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Inter Ingenios.

De acuerdo con los datos, la industria molió 9,846,978 toneladas de caña y produjo 1,147,264 toneladas de azúcar durante el primer semestre de 2005.

El rendimiento real con base en 99.7% pol fue de 11.7%. La cantidad de caña molida disminuyó en 134,166 t en comparación con el mismo período de 2004, debido al descenso de la producción de caña en el campo y a que se contabilizaron menos días hábiles de molienda. La producción semestral de azúcar fue inferior en 29,148 t y el rendimiento real en 0.12 unidades porcentuales, en promedio.

Los descensos en caña molida y azúcar producido observados en mayo y junio se relacionan con el tiempo perdido en fábrica como un porcentaje del tiempo hábil de cosecha (Figura 4).

Las tendencias mensuales observadas en la molienda de caña y en la sacarosa aparente % caña se reflejaron en el rendimiento real y en el tonelaje de azúcar producido.

La fibra % caña presentó valores mayores, excepto en abril. Las pérdidas de sacarosa en bagazo % caña mostraron una tendencia inversa en cada trimestre con respecto al año anterior; en miel final se presentaron valores inferiores o iguales durante casi todo el semestre (Figura 5).

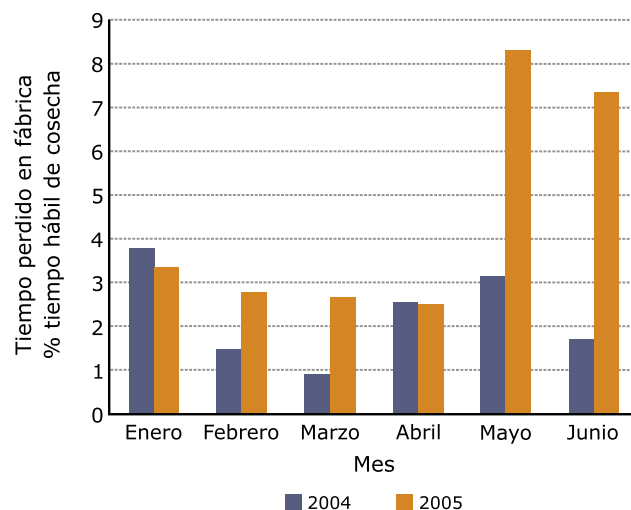


Figura 4. Tiempo perdido en fábrica % tiempo hábil de cosecha en el primer semestre de 2004 y 2005. Industria azucarera colombiana, datos de diez ingenios.

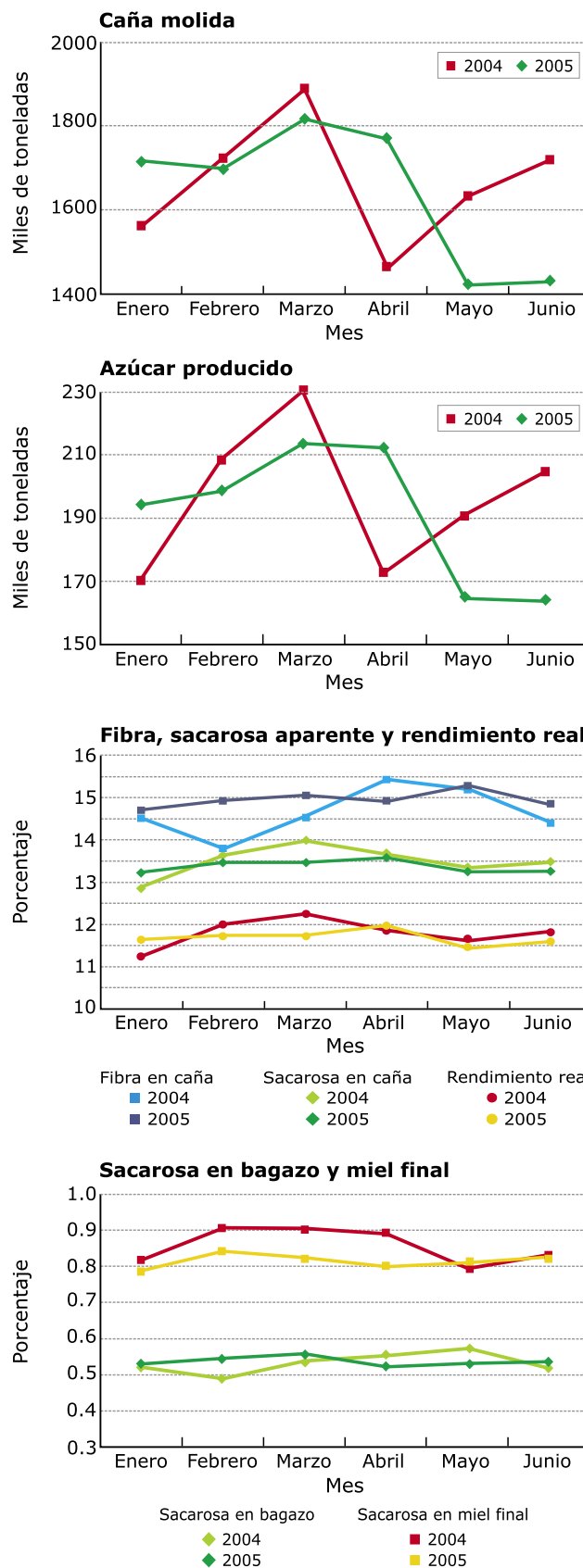


Figura 5. Indicadores de la gestión de fábrica en el primer semestre de 2004 y 2005. Industria azucarera colombiana, datos de diez ingenios.

Boletín climatológico, primer semestre de 2005

Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

Primer trimestre 2005

Enrique Cortés B. *

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media 3 meses	Máxima		Oscilación media diaria		Acumulado en 3 meses		media 3 meses
	Absoluta	Media		Media	Absoluta					
Viterbo	16.8	19.2	23.3	30.4	33.4	11.3	83	544.4	367.2	426.6
Risaralda	17.9	19.6	23.9	30.9	33.9	11.3	84	422.1	358.3	437.3
Cartago	18.0	20.0	24.3	31.2	34.3	11.2	79	347.4	383.2	438.2
Zarzal	16.2	19.0	23.7	30.4	33.0	11.4	75	83.8	376.1	308.4
La Paila	17.5	19.6	23.8	30.6	33.1	10.8	77	187.4	397.1	408.6
Bugalagrande	17.1	19.2	23.7	30.9	34.2	11.7	81	136.9	372.4	366.1
Riofrío	16.5	18.9	23.4	30.2	32.9	11.3	79	201.3	401.0	411.6
Tuluá	16.8	19.1	23.3	30.0	33.1	10.9	81	272.7	398.0	436.1
Yotoco	17.2	19.5	23.9	30.1	32.7	10.6	73	121.5	* s/d	404.9
Guacarí	17.5	19.7	23.8	30.0	33.0	10.2	85	184.1	395.1	409.9
Ginebra	16.9	19.6	23.3	29.4	32.3	9.8	81	125.3	356.4	362.6
Amaime	16.9	19.2	23.0	29.1	31.8	9.8	83	221.9	351.1	363.5
San Marcos	18.1	19.9	24.1	30.6	32.5	10.7	86	123.9	375.2	416.0
Palmira - La Rita	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	228.2	* s/d	* s/d
Arroyohondo	17.3	19.5	23.8	29.8	31.6	10.3	84	148.3	* s/d	376.1
Palmira - S. José	15.9	18.8	22.9	29.6	32.2	10.8	78	253.6	367.3	346.7
Aeropuerto	16.9	19.6	23.7	30.1	32.4	10.5	86	129.9	422.9	443.5
Base Aérea	18.1	20.1	24.2	30.2	32.6	10.1	73	* s/d	366.4	347.2
Candelaria	16.6	19.5	23.5	30.0	32.1	10.6	77	230.2	* s/d	371.6
Pradera	16.9	19.1	23.2	29.3	31.7	10.2	77	171.0	* s/d	374.9
Meléndez	18.1	19.7	23.7	29.8	31.7	10.1	78	282.3	410.3	433.4
Cenicaña	17.0	19.7	23.5	29.3	32.0	9.6	84	227.1	348.9	363.5
Jamundí	17.3	19.1	23.4	29.9	31.9	10.8	78	347.1	354.4	386.2
Bocas del Palo	17.7	19.7	23.6	30.2	32.4	10.4	79	218.2	377.1	412.1
Ortigal	17.6	19.3	23.3	30.3	32.9	11.0	79	173.5	361.8	409.7
Miranda	17.7	19.3	23.2	29.7	32.3	10.4	91	234.6	* s/d	421.7
Naranjo	16.8	19.3	23.3	29.4	31.6	10.1	80	344.6	* s/d	260.0
Corinto	17.5	19.4	23.1	28.5	30.8	9.1	77	440.3	362.1	368.7
Santander de Q.	17.6	19.2	23.4	29.6	31.9	10.4	79	458.2	330.3	417.7
Mínima	15.9	18.8	22.9	28.5	30.8	9.1	73	83.8	330.3	260.0
Media	17.2	19.4	23.5	30.0	32.5	10.5	80	245.0	374.2	390.1
Máxima	18.1	20.1	24.3	31.2	34.3	11.7	91	544.4	422.9	443.5
Total								6859.8	8232.6	
Convenciones	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo

Con negrilla: dato incompleto

* s/d: sin dato

* Ingeniero Meteorólogo, Cenicaña. <ecortes@cenicana.org>

Segundo trimestre 2005

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar media 3 meses (cal/cm²xdía)
	Mínima		Media 3 meses	Máxima		Oscilación media diaria		Acumulado en 3 meses		
	Absoluta	Media		Media	Absoluta					
Viterbo	17.5	19.4	23.3	30.0	35.1	10.6	79	550.8	377.6	429.1
Risaralda	18.0	19.7	23.7	30.2	33.8	10.4	81	564.3	310.8	405.9
Cartago	18.7	20.2	24.0	30.4	33.7	10.2	81	316.1	267.7	427.5
Zarzal	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	78	276.7	* s/d	418.0
La Paila	17.7	19.8	23.6	30.2	32.7	10.4	76	396.0	372.5	418.2
Bugalagrande	17.4	19.6	23.7	30.5	33.1	10.8	83	312.6	393.0	401.8
Riofrío	17.3	19.4	23.4	29.7	33.0	10.3	81	295.6	314.5	417.0
Tuluá	16.6	19.3	23.3	29.6	32.8	10.1	79	232.0	374.2	416.9
Yotoco	16.2	19.5	23.7	29.7	33.8	10.1	76	252.0	389.7	387.0
Guacarí	16.0	19.6	23.6	29.8	37.0	10.2	90	201.9	358.9	385.5
Ginebra	16.5	19.4	23.2	29.4	32.7	10.1	84	278.6	359.7	394.6
Amaime	16.7	19.4	23.1	29.0	32.0	9.6	83	207.6	363.3	363.0
San Marcos	17.7	20.0	24.1	30.1	36.1	10.1	79	238.6	357.1	414.0
Palmira - La Rita	16.4	19.1	22.9	29.4	31.9	10.3	86	262.2	325.2	374.5
Arroyohondo	17.5	19.5	23.6	29.4	32.5	10.1	77	192.1	333.2	364.4
Palmira - S. José	16.3	18.8	22.8	29.3	32.2	10.6	80	206.9	325.2	364.8
Aeropuerto	16.9	19.6	23.6	29.7	33.1	10.0	80	242.4	387.4	439.3
Base Aérea	18.2	20.2	24.2	30.0	32.3	10.0	84	286.4	* s/d	361.7
Candelaria	17.3	19.4	23.4	29.9	32.9	10.5	79	263.5	321.9	392.9
Pradera	16.8	19.0	23.0	29.1	31.9	10.1	85	246.0	216.0	370.0
Meléndez	16.9	19.7	23.7	29.7	32.0	10.1	80	338.7	368.9	396.8
Cenicaña	17.6	19.7	23.4	29.1	32.0	9.3	78	287.7	343.0	390.9
Jamundí	15.5	19.0	23.2	29.6	31.8	10.6	81	338.8	332.7	406.1
Bocas del Palo	16.4	19.6	23.5	30.0	33.2	10.4	78	215.0	338.4	406.1
Ortígal	16.8	19.0	23.2	29.8	32.3	10.8	81	300.7	351.6	407.8
Miranda	17.2	19.3	23.1	29.0	31.8	9.6	79	414.5	* s/d	334.8
Naranjo	16.8	19.4	23.4	29.5	32.3	10.1	80	311.2	336.1	366.3
Corinto	17.4	19.4	23.2	28.7	31.7	9.3	77	363.8	368.5	387.6
Santander de Q.	16.5	18.9	23.1	29.1	32.0	10.2	88	298.0	* s/d	* s/d
Mínima	15.5	18.8	22.8	28.7	31.7	9.3	76	192.1	216.0	334.8
Media	17.0	19.5	23.4	29.6	32.9	10.2	81	299.7	343.5	394.4
Máxima	18.7	20.2	24.2	30.5	37.0	10.8	90	564.3	393.0	439.3
Total								8690.7	8587.1	
Convenciones	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo

Con negrilla: dato incompleto

* s/d: sin dato

Primer semestre 2005

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media 6 meses	Máxima		Oscilación media diaria		Acumulado en 6 meses		media 6 meses
	Absoluta	Media		Media	Absoluta					
Viterbo	16.8	19.3	23.3	30.2	35.1	11.0	81	1095.2	744.8	427.9
Risaralda	17.9	19.7	23.8	30.6	33.9	10.9	82	986.4	669.1	421.6
Cartago	18.0	20.1	24.2	30.8	34.3	10.7	80	663.5	650.9	432.8
Zarzal	16.2	19.6	24.2	30.9	34.5	11.3	77	360.5	* s/d	363.2
La Paila	17.5	19.7	23.7	30.4	33.1	10.6	77	583.4	769.6	413.4
Bugalagrande	17.1	19.4	23.7	30.7	34.2	11.3	82	449.5	765.4	383.9
Riofrío	16.5	19.1	23.4	30.0	33.0	10.8	80	496.9	715.5	414.3
Tuluá	16.6	19.2	23.3	29.8	33.1	10.5	80	504.7	772.2	426.5
Yotoco	16.2	19.5	23.8	29.9	33.8	10.4	75	373.5	* s/d	396.0
Guacarí	16.0	19.7	23.7	29.9	37.0	10.2	87	386.0	754.0	397.7
Ginebra	16.5	19.5	23.3	29.4	32.7	9.9	83	403.9	716.1	378.6
Amaime	16.7	19.3	23.0	29.1	32.0	9.7	83	429.5	714.4	363.2
San Marcos	17.7	20.0	24.1	30.4	36.1	10.4	83	362.5	732.3	415.0
Palmira - La Rita	16.4	19.1	22.9	29.4	31.9	10.2	88	490.4	* s/d	332.5
Arroyohondo	17.3	19.5	23.7	29.6	32.5	10.2	81	340.4	* s/d	370.3
Palmira - S. José	15.9	18.8	22.9	29.5	32.2	10.7	79	460.5	692.5	355.8
Aeropuerto	16.9	19.6	23.7	29.9	33.1	10.3	83	372.3	810.3	441.4
Base Aérea	18.1	20.2	24.2	30.1	32.6	10.1	79	* s/d	* s/d	354.5
Candelaria	16.6	19.4	23.5	30.0	32.9	10.5	78	493.7	* s/d	382.2
Pradera	16.8	19.1	23.1	29.2	31.9	10.2	81	417.0	* s/d	372.4
Meléndez	16.9	19.7	23.7	29.8	32.0	10.1	79	621.0	779.2	415.1
Cenicaña	17.0	19.7	23.5	29.2	32.0	9.5	81	514.8	691.9	377.2
Jamundí	15.5	19.1	23.3	29.8	31.9	10.7	80	685.9	687.1	396.2
Bocas del Palo	16.4	19.7	23.5	30.1	33.2	10.4	79	433.2	715.5	409.1
Ortígal	16.8	19.2	23.3	30.1	32.9	10.9	80	474.2	713.4	408.8
Miranda	17.2	19.3	23.1	29.3	32.3	10.0	85	649.1	* s/d	378.2
Naranjo	16.8	19.3	23.4	29.4	32.3	10.1	80	655.8	* s/d	323.7
Corinto	17.4	19.4	23.1	28.6	31.7	9.2	77	804.1	730.6	378.2
Santander de Q.	16.5	19.1	23.3	29.4	32.0	10.3	84	756.2	* s/d	* s/d
Mínima	15.5	18.8	22.9	28.6	31.7	9.2	75	340.4	650.9	323.7
Media	16.8	19.5	23.5	29.8	33.1	10.4	81	545.1	727.6	390.3
Máxima	18.1	20.2	24.2	30.9	37.0	11.3	88	1095.2	810.3	441.4
Total								15264.1	13824.8	
Convenciones	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo

Con negrilla: dato incompleto

* s/d: sin dato

▶ Más información en: www.cenicana.org/clima/index.php

Desarrollos en el sector sucroquímico

Jesús E. Larrahondo y Carlos O. Briceño*

La sacarosa es el mayor producto de la fotosíntesis y en plantas como la caña de azúcar es el principal carbohidrato de almacenamiento, contrario a lo que sucede en otros vegetales donde se convierte en productos como almidones y polisacáridos, entre estos últimos la inulina y el levano, por ejemplo.

La sacarosa es un disacárido no reductor y sistemáticamente se denomina β -D-Fructofuranosil- α -D-glucopiranosido. Su estructura química ha sido confirmada mediante cristalografía de rayos X y métodos espectroscópicos (Figura 1). Todos los grupos hidroxilos de su molécula, con excepción del carbono 4, exhiben enlaces de puentes de hidrógeno (Khan, R. 1984).

Los cristales de sacarosa se funden entre 160 °C y 186 °C dependiendo del solvente en el cual fueron cristalizados. Su rotación específica (α) D es de +66.3° en agua. La muy escasa o casi nula solubilidad de la sacarosa en solventes orgánicos no polares es uno de los factores limitantes para el desarrollo de numerosos productos químicos y, aunque este disacárido es soluble en solventes apróticos dipolares como la piridina y el dimetilsulfóxido, aún se requiere un solvente orgánico para numerosos procesamiento químicos que utilicen la sacarosa como agente de partida.

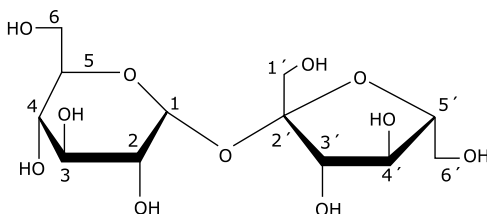


Figura 1. Estructura química de la sacarosa.

Productos de valor comercial

A continuación se presentan algunos productos químicos de actual y potencial valor comercial obtenidos a partir de la sacarosa.

Ésteres de sacarosa

Una gama amplia de ésteres de sacarosa han sido identificados como productos de gran interés comercial. Algunos de ellos se producen en el mercado internacional y sus aplicaciones se encuentran en las industrias de alimentos (aditivos, emulsificantes), detergentes y plásticos, como puede observarse en el Cuadro 1 (Khan, R. 1984; Parker, K. *et al*, 1977).

Cuadro 1. Ésteres de sacarosa y sus aplicaciones.

Productos derivados de la sacarosa	Aplicación
Monoacetatos	Humectantes (industria de cosméticos)
Monoésteres de ácidos grasos	Surfactantes y emulsificantes (industria de cosméticos, alimentos, agroquímicos)
Tribenzoatos y octaacetatos	Agente amargo (industrias de alimentos y bebidas)
Octabenzoato y diacetatohexaisobutirato	Plásticos (industrias varias)

* Respectivamente: Químico Ph.D., Químico Jefe del Programa de Procesos de Fábrica <jelarrahh@cenicana.org>. Ingeniero Químico M.Sc., Director del Programa de Procesos de Fábrica <cobricen@cenicana.org>

El monoacetato de sacarosa posee propiedades humectantes superiores a las del sorbitol. Comparado con los humectantes comerciales obtenidos del glicerol, propilenglicol y ácidos grasos ofrece amplias posibilidades de desarrollo industrial.

Los monoésteres de sacarosa y ácidos grasos de cadena larga (Figura 2) exhiben buenas propiedades tensoactivas y han sido aprobados como aditivos en la industria de alimentos en Estados Unidos y Europa. Estos ésteres son de carácter no iónico, no tóxicos y ciento por ciento biodegradables.

Los ésteres de sacarosa son producidos principalmente en Japón por Dai-ichi Kogyo Seiyaku Co. y Mitsubishi-Kagaku Foods Corporation; esta última comercializa mezclas de monoésteres y poliésteres de estearatos, palmitatos y lauratos de sacarosa con destino a las industrias farmacéutica y de alimentos.

Aunque actualmente existen nuevos procesos y patentes de producción de ésteres de sacarosa, todavía queda por explorar la posibilidad de utilizar un proceso biotecnológico con el fin de mejorar los rendimientos en fábrica.

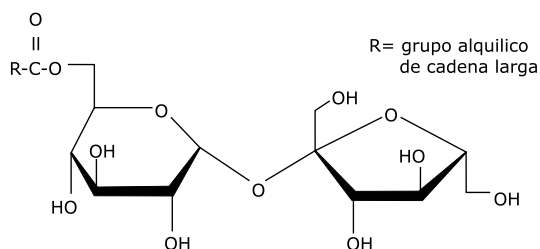


Figura 2. Éster de sacarosa.

Polímeros derivados de la sacarosa

Uno de los aspectos comerciales más importantes que ofrece la sacarosa es su empleo en poliuretanos. En 1986 la multinacional Bayer estimó que de las 946 toneladas métricas de la producción mundial, alrededor del 20% pudo haberse originado de la sacarosa.

La síntesis de polihidroxibutiratos (poliester, PHB) (Figura 3) producidos por numerosos microorganismos, especialmente el *Alcaligenes eutrophus* utilizando sacarosa, es una buena alternativa al polipropileno debido a sus características biodegradables. En Brasil, la Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar

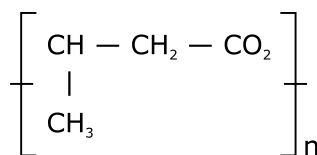


Figura 3. Polihidroxibutiratos (poliester, PHB).

e Álcool do Estado de São Paulo Ltda. (Copersucar) produce esta clase de plásticos, los cuales se están incorporando en la industria de juguetes.

En 2005 fue reportada la producción de PHB por el *Basillus cereus* M5 en melaza de remolacha azucarera. Se observó (Yilmaz, M. y Beyatli, Y., 2005) que los microorganismos producen la mayor cantidad de masa celular en seco (0.440 g/l) a una concentración de 4% de melaza y que la mayor cantidad de PHB (73.84%, sobre masa celular en seco) se obtuvo con una concentración de 1% de melaza. Con mayor concentración de melaza disminuía la producción de PHB por este bacilo.

Homopolisacáridos como dextranas y levanos son producidos por diferentes especies bacterianas (Godshall, M. A. 1999). La cepa WRRL 512 *Leuconostoc mesenteroides* se emplea para la producción industrial de dextranas, las cuales se han venido utilizando en la industria de alimentos como estabilizadores de cremas (helados) y jarabes, entre otros, y en la industria farmacológica (Khan, R. 1984). Sin embargo, debido a las etapas de purificación, los costos son todavía muy altos.

Cuba inició la producción comercial de dextranas en 1963. La industria de derivados de dextranas ha tenido un desarrollo vertiginoso debido a la utilización de estos productos en tratamientos clínico-terapéuticos de animales y humanos (Bell García, A. 1999), la preparación de lodos para la perforación de pozos de petróleo y las industrias alimenticia y de cosméticos.

Edulcorantes

La búsqueda de edulcorantes no carieogénicos a partir de la sacarosa ha abierto nuevas perspectivas en el mercado mundial. El principal factor limitante se centra en los costos de producción.

La isomaltulosa (Figura 4) es producida comercialmente mediante un proceso de transglucosilación de la sacarosa con enzimas inmovilizadas de *Protaminobacter rubrum* (Khan, R. 1984).

Palatinosa es otro edulcorante bajo en calorías y sin efectos carieogénicos, producido a partir de la sacarosa. Su obtención se realiza mediante una transglucosilación de la sacarosa hasta isomaltulosa, seguida por una hidrogenación catalítica.

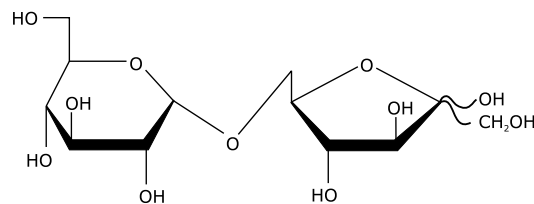


Figura 4. Isomaltulosa.

El neosugar es una mezcla de fructo-oligosacáridos que incorpora una molécula de sacarosa. El poder edulcorante depende de la composición de la mezcla, de la cual se han reconocido sus propiedades no cariegénicas y no nutritivas. El neosugar se produce comercialmente en Japón y su proceso consiste en una transformación microbiana de la sacarosa utilizando la enzima fructosiltransferasa (Khan, R. 1984).

La sucralosa es un derivado triclorado de la sacarosa. Es 650 veces más dulce que el azúcar comercial, más estable y resistente a hidrólisis ácida y enzimática (Hough, L. 1977, Khan, R. 1987). Entró en el mercado con el nombre comercial de Splenda, elaborada por la compañía Johnson & Johnson.

Síntesis de pesticidas

Pesticidas producidos a partir de compuestos organometálicos de estaño han llamado la atención por su acción y menor daño en el medio ambiente. Se ha explorado la posibilidad de incorporar sacarosa como parte integral del compuesto organometálico de estaño (Poller, R.C. *et al* 1977).

En relación con la actividad biológica de los compuestos organometálicos derivados de la sacarosa, se ha observado que su acción algicida y fungicida puede ser igual a la de los compuestos comercialmente utilizados a base de óxido de fluoruro de tributilestannoso, permitiendo explorar nuevas alternativas del azúcar en el mercado de los biocidas.

Productos químicos convencionales

El etanol obtenido por procesos fermentativos es sin lugar a dudas un producto clave para ser transformado en diferentes sustancias químicas. Así por ejemplo, la obtención de etileno, acetaldehído y derivados a partir del alcohol, compiten con los productos de origen petroquímico. Aproximadamente 3.8 kg de azúcar se requieren para producir 1.7 kg de etanol los cuales, a su vez, producen 1.0 kg de etileno. Algunos ácidos orgánicos, importantes en las industrias de alimentos, detergentes, farmacéuticos y polímeros, se producen mediante fermentación a partir de sacarosa. Entre estos ácidos de importancia económica se pueden citar el ácido cítrico, el ácido láctico, el ácido oxálico y el ácido glucónico. El mercado de aminoácidos como el glutamato monosódico y L-lisina se ha incrementado desde 1984 (Geplacea PNUD, 1988; Khan, R. 1984).

La industria de polímeros basados en derivados del furano ha venido creciendo, lo cual es atractivo desde el punto de vista comercial si se tiene en cuenta que éstos pueden obtenerse a partir de sacarosa. Tales polímeros presentan propiedades como baja inflamabilidad y buena resistencia térmica debida al grupo furánico, las cuales son deseables desde el punto de vista industrial.

El etanol obtenido por procesos fermentativos es sin lugar a dudas un producto clave para ser transformado en diferentes sustancias químicas. Así por ejemplo, la obtención de etileno, acetaldehído y derivados a partir del alcohol, compiten con los productos de origen petroquímico. Aproximadamente 3.8 kg de azúcar se requieren para producir 1.7 kg de etanol los cuales, a su vez, producen 1.0 kg de etileno.

Algunos ácidos orgánicos, importantes en las industrias de alimentos, detergentes, farmacéuticos y polímeros, se producen mediante fermentación a partir de sacarosa (Geplacea PNUD, 1988; Khan, R. 1984).

En la producción de alcohol es posible recuperar la mayor parte de la levadura empleada en la fermentación de las melazas. Este producto posee entre 32% y 34% de proteína, de manera que se constituye en una valiosa fuente de alimento animal (Geplacea PNUD, 1988).

Un renglón importante de la economía cubana ha sido la producción de mieles proteicas, es decir jarabes o meladuras concentradas que integran mezclas de azúcares invertidos y levadura torula. Estas mieles proteicas se obtienen a partir de jugo de caña, el cual se divide en dos flujos simultáneos; uno se destina a la producción de una meladura y el otro se fermenta para obtener una crema de levadura, las cuales se mezclan posteriormente para conseguir un producto que se concentra en un tacho bajo presión reducida y se destina a la alimentación animal (Geplacea PNUD, 1988).

Productos elaborados por cocrystalización

La cristalización espontánea de la sacarosa, conocida como cocrystalización, es un proceso desarrollado por la compañía Domino Sugar para producir agregados cocrystalizados de sacarosa con diferentes aditivos que les confieren las propiedades especiales de solubilidad y dispersibilidad del azúcar, importantes en las industrias de alimentos y farmacéutica; entre estos se puede citar el DI-PAC que contiene 97% de sacarosa y 3% de maltodextrina. La cocrystalización no solamente le otorga otra dimensión al azúcar sino que permite explorar nuevas características en otros ingredientes de la industria de alimentos (Chen, A.C. *et al* 1988).

Los azúcares como precursores y templates quirales

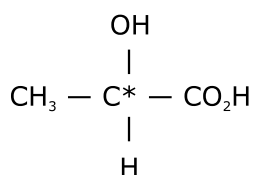
La necesidad de explorar nuevas rutas sintéticas de diferentes productos naturales de importancia económica, como los antibióticos, aminoácidos y feromonas, entre otros, ha conducido al empleo de compuestos que contengan uno o más centros quirales como materiales precursores de las sustancias objeto de estudio.

En esta estrategia de síntesis (Hanessian, S. 1983; Hough, L. 1977; Khan, R. 1987) los azúcares son, sin lugar a dudas, precursores de gran utilidad debido a que su estructura química ofrece amplias posibilidades de efectuar sustituciones e introducción de grupos funcionales alrededor de su unidad básica. Por ello se han constituido en valiosos templates quirales (ver recuadro).

Centros quirales

En compuestos orgánicos, los centros quirales hacen referencia a la presencia de átomos de carbono enlazados con cuatro grupos diferentes.

El ácido láctico, por ejemplo, tiene un átomo de carbono quiral (marcado con asterisco) porque está unido con cuatro grupos distintos:



Ácido láctico

Grupos unidos al carbono central (marcado con asterisco):

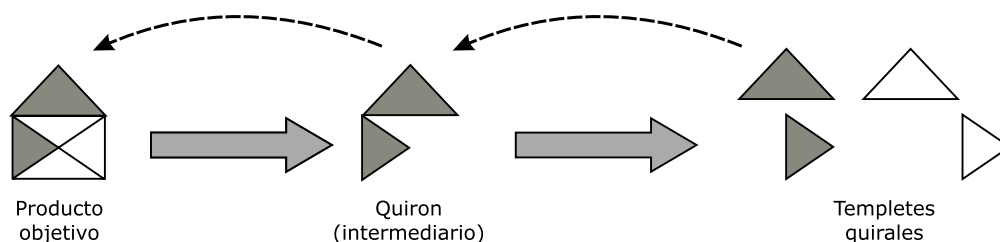
H
OH
CH₃
CO₂H

Templates quirales

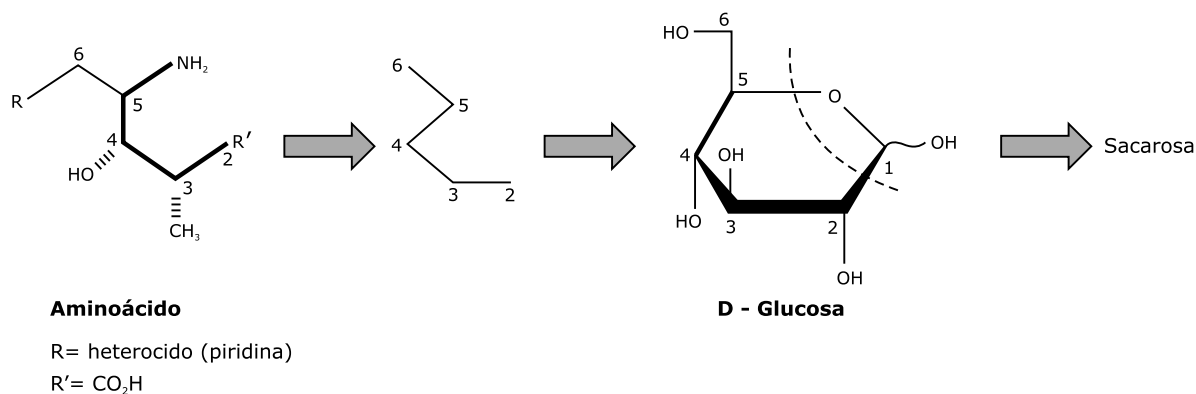
La química de los azúcares ha adquirido gran interés en los últimos años debido al uso de estos compuestos para controlar la quiralidad en la síntesis de productos muy complejos de utilidad medicinal e industrial.

Los compuestos de partida en el proceso de síntesis de nuevos productos se denominan templates quirales. Son principalmente azúcares muy sencillos o comunes (por ejemplo glucosa) y sus derivados, los cuales poseen algunos centros quirales, proveen o inducen la quiralidad deseada durante una síntesis o desarrollo de un nuevo producto.

Representación esquemática de una estrategia de síntesis a partir de un template quiral



Ejemplo: síntesis de un aminoácido derivado del antibiótico piridomicina



Entre los componentes químicos que pueden sintetizarse total o parcialmente a partir de carbohidratos figuran antibióticos de estructura polietérica, terpenos, derivados del ácido araquidónico, feromonas, aminoácidos y compuestos de estructuras más complejas como prostaglandinas, alcaloides y macrolidas, todos de gran importancia biológica.

Buena parte de las síntesis de dichos productos tienen como precursores moléculas de azúcares acíclicas o cíclicas de cinco o seis miembros, como la glucosa, la cual puede obtenerse a partir de la sacarosa. Esto ofrece amplias perspectivas de estudio para la obtención de glucosa y de otros monosacáridos a partir de sacarosa, de manera eficiente y rentable (Hanessian, S. 1983; Khan, R. 1984).

Proyecciones

La importancia y potencialidad de la sacarosa como una fuente renovable para la producción de diferentes productos químicos es reconocida por varios investigadores y países.

La sacarosa es un compuesto cristalino de bajo peso molecular, pero sus limitaciones de solubilidad en solventes orgánicos dificulta de manera práctica muchos procesos industriales. Sin embargo, en los actuales desarrollos biotecnológicos se encuentran oportunidades para resolver o solucionar eficiente y económicamente algunos de ellos.

La posibilidad de sustituir de forma parcial o total los procesos basados en la industria petroquímica por otros originados en el azúcar o la caña de azúcar merecen estudios económicos, especialmente por parte de los países azucareros.

Referencias bibliográficas

Bell García, A. "Premios de la Academia de Ciencias de Cuba a los resultados de la investigación científico-técnica. Ciencias técnicas, 1999". Tecnologías de producción de derivados de dextrana de mayor valor agregado. Resumen. 1999. <www.cuba.cu/ciencia/acc/tecnicas1999_resumen.htm> (may.2005)

Chen A.C.; Veiga, M.F.; Rizzuto, A.B. 1988. Cocrystallization: an encapsulation process. Food Technology, p.p. 87-90.

Copersucar. "Institucional. Empresa. Centro de Tecnología Canaviera". 2005. <www.copersucar.com.br/institucional/por/empresa/tecnologia_historico.asp> (may.2005)

Geplac PNUD, 1988. La industria alcohólica en América Latina y el Caribe. Serie: Diversificación, Geplac/PNUD. México, D. F. México. 186 p.

Godshall, M.A. 1999. Overview of value added product research at Sugar Processing Research Institute, Inc. En: International conference on value-added products for the sugar industry. Baton Rouge, Louisiana, p.p. 144-158. April 26, 27 y 28.

Hanessian, S. 1983. Total synthesis of natural products "Chiron" approach. Oxford. Pergamon Press, 219 p.

Hough, L. 1977. Selective substitution of hydroxyl groups in sucrose. En: Hickson, J. L. Sucrochemistry. Washington, American Chemical Society, p.p. 9-21 (ACS Symposium Series, no. 41).

Khan, R. 1984. Chemistry and new uses of sucrose: How important? Pure and Applied Chemistry. V. 57, no. 7 p.p. 833-844.

Khan, R. 1987. Ring-opening reactions of sucrose epoxides: synthesis of 4 derivatives of sucrose. Carbohydrate Research No. 162 p.p. 199-207.

Kuan Lee, CH., 1987. Synthesis of an intensely sweet chlorodeoxy sucrose: mechanism of 4 chlorination of sucrose by sulphuryl chloride. Carbohydrate Research No. 162, p.p. 53-63.

Parker, K.; James, K.; Hurford, J. 1977. Sucrose ester surfactants. A solventless process and the products thereof. En: Hickson, J. L. Sucrochemistry. Washington. American Chemical Society, p.p. 97-114. (ACS Symposium Series, no. 41).

Poller, R.C.; Parkin. A. 1977. Organometallic derivatives of sucrose as pesticides. En: Hickson, J. L. Sucrochemistry. Washington, American Chemical Society, p.p. 145-152 (ACS Symposium Series, no. 41).

Yilmaz, M. y Beyatli, Y. 2005. Poly-β-hydroxybutyrate (PHB) production by a *Bacillus cereus* M5 strain in sugarbeet molasses. Sugar Industry (Berlin, Alemania). Febrero 2005. p.109-112.



SEÑOR CAÑICULTOR

Si cambia de dirección postal, por favor, infórmenos. Sólo así podremos continuar enviándole esta publicación al lugar correcto.

Remita sus datos actualizados incluyendo: nombres y apellidos, cédula de ciudadanía, dirección postal y de correo electrónico, teléfono, fax.

Rte/ Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología
Cenicaña
Calle 58 norte N° 3BN-110
Cali, Colombia

buzon@cenicana.org



Antes de traer

variedades al Valle del Cauca procedentes de otros lugares de Colombia o del exterior, comuníquese con Cenicaña.

El material vegetal debe permanecer en cuarentena para evitar posibles problemas sanitarios que pongan en peligro la productividad de la industria azucarera.

Establezca contacto en Cenicaña con Jorge Ignacio Victoria K.
<jivictor@cenicana.org>

