

# COMPOSICIÓN DE CARBOHIDRATOS DE LOS JUGOS DE CAÑA Y PUREZA DE LAS MIELES FINALES

*Eduardo L. Ramos Suárez, Susana Ravelo Bravo  
y Sandra Gutiérrez<sup>1</sup>*

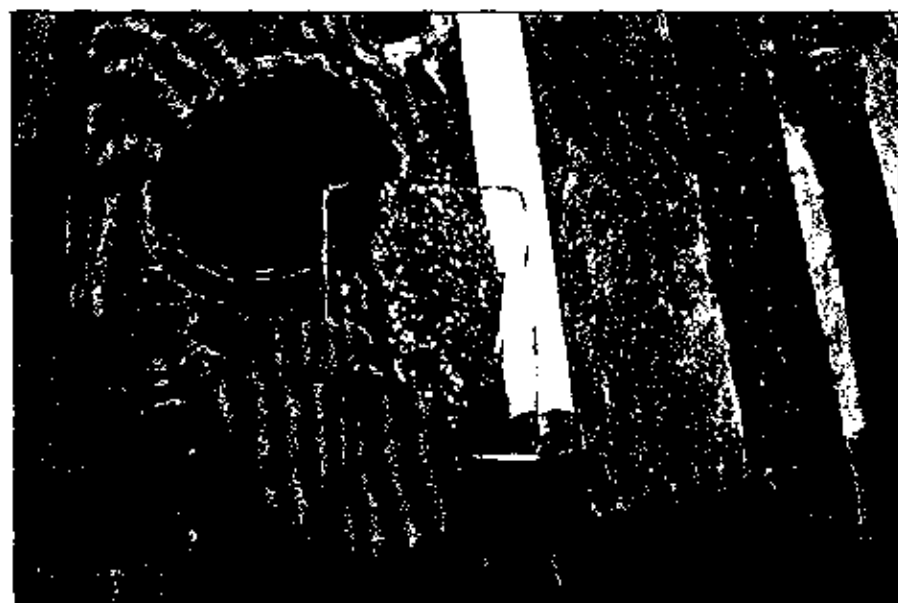
## RESUMEN

Partiendo del conocimiento acumulado sobre los azúcares que impurifican a la sacarosa (AIS) en los jugos de caña y la capacidad de alguno de éstos de alterar la morfología del cristal de sacarosa con formación de cristales conocidos como aguja (alargados por su eje "c"), se analizan los cambios que se han producido en las últimas décadas en las purzas de las mieles. Se presentan y discuten los factores que determinan los nive-

les de concentración en los jugos industriales de 2 de los AIS con mayor capacidad de deformar los cristales de sacarosa, resaltándose, en especial, el efecto del deterioro de la caña después del corte y la edad de la caña. Finalmente, se demuestra la influencia de ambos AIS en la elevación de la pureza de las mieles, la que resulta asociada no a variaciones de la solubilidad de la sacarosa sino al aumento del escape a las mieles finales de microcristales alargados.

## INTRODUCCIÓN

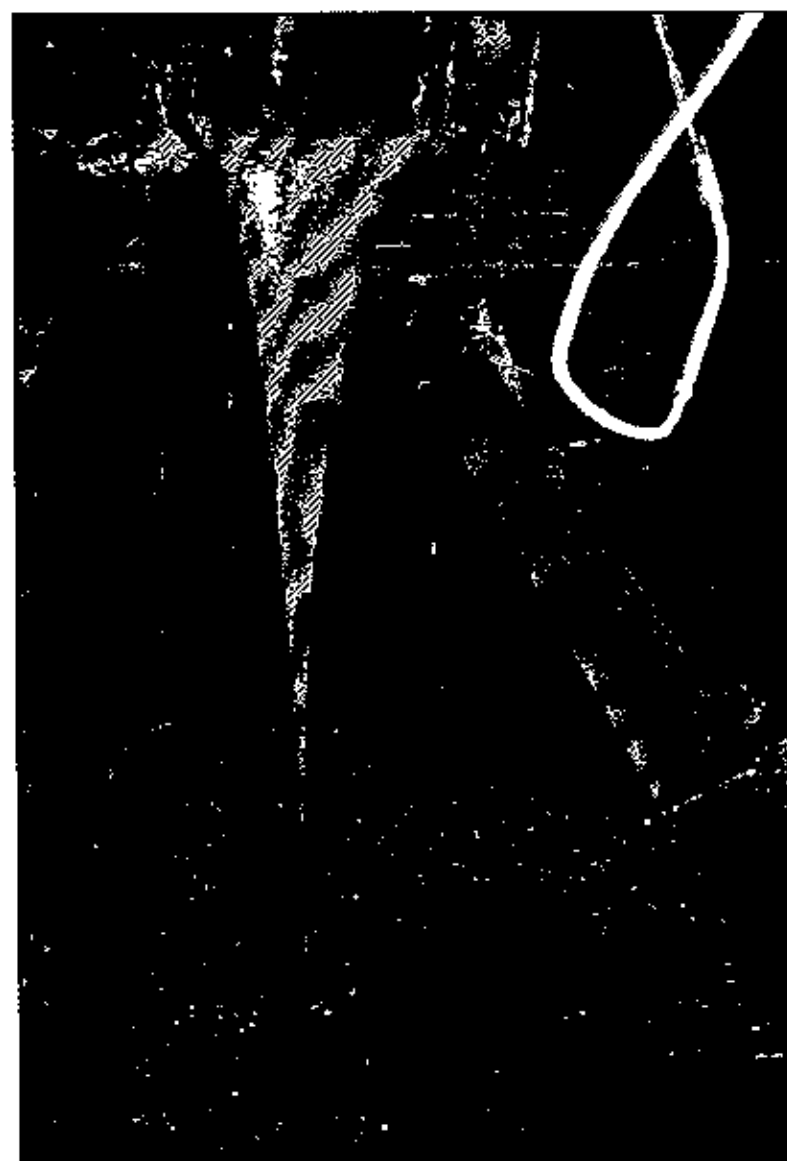
La pureza de las mieles finales ha devenido como un parámetro generalmente usado para reflejar el nivel de eficiencia de una fábrica de azúcar. Es por ello que la elevación de los valores de purzas de las mieles, que ha ocurrido en las últimas décadas, ha sido centro de atención de numerosos investigadores (Foster y col., 1980; Hornaza y col., 1983; Ravelo y col., 1991; Ravelo y col., 1992). En general, sus trabajos se han encaminado a relacionar los niveles de pureza con numerosos de los parámetros tradicionales usados en el control azucarero, o a tratar de determinar los



<sup>1</sup>Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras (ICINAZ).

cambios que han ocurrido en la composición de los jugos que se puedan asociar, cuantitativamente, al nivel de sacarosa retenido en las mieles (Imrie y Tibury, 1972; Gupta y Prabhu, 1983; Fernández y col., 1985; Wong y col., 1986; Upadhiaya, 1987). Como resultado se tiene una visión general del problema que acusa a los siguientes factores como asociados al incremento de pureza:

1. Disminución de la frescura de la caña.
2. Aumento en el grado de troceado de la caña.
3. Uso de la quema durante la cosecha.
4. Disminución en el contenido de azúcares reductores en los jugos.
5. Indisciplina tecnológica.



En este sentido el aumento del deterioro de la caña, producto del mayor troceado y la quema, se señala como el origen de una mayor formación de otros azúcares en la caña, como son los oligosacáridos y polisacáridos, azúcares capaces de alterar el proceso de cristalización de la sacarosa (Ravelo y col., 1991; Ramos y col., 1992). Resulta interesante, a pesar de estas consideraciones, el observar la elevación de las purezas de las mieles en lugares donde se controla la frescura de la caña y existe un nivel adecuado de disciplina en la producción industrial (Morel du Boil, 1986).

Según los resultados de nuestros estudios (Ramos y Ravelo, 2000; 2001), las altas purezas de las mieles pueden ser provocadas debido a las alteraciones morfológicas del cristal de sacarosa producto de la acción de determinados azúcares de bajo peso molecular que impurifican la sacarosa (AIS), como los hallados en Cuba en diferentes variedades de cañas y sus productos: la d-xilosa (Ramos y col., 2001), la l-kestosa y otro azúcar hasta ahora no identificado que llamamos 376. Aunque los AIS, por su nivel de concentración en las mieles, no deben alterar, sustancialmente, la solubilidad de la sacarosa y de ahí las posibilidades termodinámicas de agotarlas, sí disminuyen la velocidad de crecimiento de algunas caras del cristal y provocan la formación de microcristales alargados por su eje "c", en forma de agujas, incidiendo así en las posibilidades cinéticas de cristalizar la sacarosa. Por último, se agrega la posibilidad de producirse el escape de microcristales a las mieles a través de las telas de las centrífugas.

En este trabajo se valora el efecto en la pureza de las mieles finales de los AIS que con más intensidad provocan cambios en la morfología del cristal de sacarosa.

#### **PARTE EXPERIMENTAL**

En las áreas del central Pablo Noriega, se realizó el muestreo de la caña de forma tradi-

cional, de manera que fuera representativo, no sólo del campo, sino también, de la variedad en estudio. Las muestras de jugo y de mieles finales se tomaron en el propio ingenio. Las variedades analizadas fueron: CP5243, C120-78, C232-68, Ja60-5, B77-418, My55-14, Co997, Ty86-28.

Ejemplares de estas variedades, con edades de 8 a 21 meses, se desfibraron y prensaron a  $200 \text{ kg/cm}^2$  por 1 min para extraer sus jugos. A los jugos obtenidos se les determinó la concentración de polisacáridos, CMP y los AIS: d-xilosa y el llamado 376, aún en estudio.

Los jugos mezclados se seleccionaron de manera tal de obtener 4 muestras diarias con el colector de muestras automático para soluciones azucaradas SAMNOR. En cada una se determinó el contenido de polisacáridos y de ambos AIS. Se reporta el resultado promedio.

Las muestras de mieles finales se seleccionaron al azar, dos veces a la semana, utilizándose ambas, inmediatamente, para estimar el contenido de cristales en suspensión y las purezas.

#### MÉTODOS ANALÍTICOS

Para determinar la cantidad de sacarosa en suspensión en las mieles éstas se centrifugaron a 12 000 rpm durante 45 min. A la miel inicial y a la centrifugada se les determinó la sacarosa real según el método Eynon Lane. Reportándose la sacarosa en suspensión como la diferencia de los valores obtenidos en ambas mediciones.

La determinación de polisacáridos se realizó según Leal y Kara-Murza (1972). La muestra de miel y jugo se ajustaron a un grado brix de 10 a 15.

Las separaciones y determinación de oligosacáridos individuales se realizaron con una columna de  $2,5 \times 12 \text{ cm}$  de hidroxipatita (Ravelo y Ramos, 1995) por elusión frontal a una velocidad de flujo de  $4 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Las muestras de todos los productos se pesaban y diluían de manera de que tuvieran un grado brix alrededor de 100, se diluían  $3 \text{ cm}^3$  de esta solución con  $17 \text{ cm}^3$  de alcohol absoluto y se aplica-

ban a la columna. Una vez transferida la solución a la columna se corría primero con alcohol a 81 % para eliminar la sacarosa y demás azúcares indescables y luego con alcohol a 75 % hasta eluir toda la xilosa, la que se recogía en un frasco de  $50 \text{ cm}^3$ , para determinar la cantidad eluida por el método de antrona-sulfúrico. Seguidamente, se eluía con  $50 \text{ cm}^3$  de alcohol a 60 % para eliminar otros azúcares que no eran de interés y, finalmente, con alcohol a 40 % para recoger en un frasco de  $50 \text{ cm}^3$  el componente 376, y determinar su contenido en la muestra.

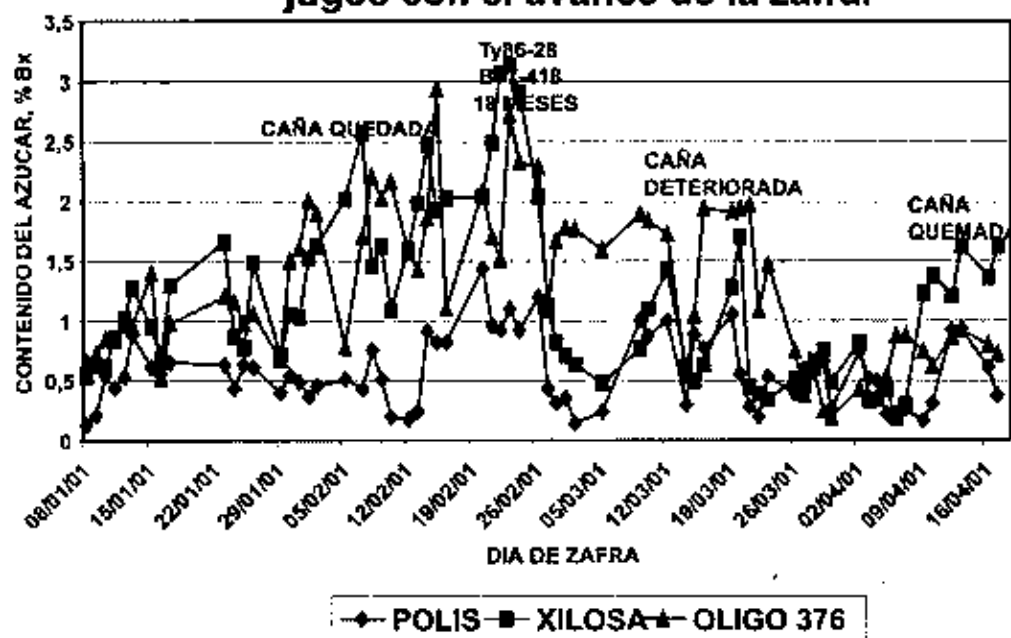
La determinación de los CMP se realizó según un método reportado en anteriores trabajos (Rodríguez y col., 1984), basado en la estimación del contenido de las fracciones de carbohidratos que son excluidos de una columna de gel G-10, pero no se excluyen de otra de gel Sephadex G-50. Con lo que se logra cuantificar fracciones de peso molecular intermedio entre 800 y 10 000 unidades atómicas.

#### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los anteriores estudios sobre la acción de los AIS de bajo peso molecular, hicieron evidente que entre los azúcares que más pronunciadamente alteraban la morfología del cristal se encontraban la d-xilosa y otro, aún en estudio, que hemos llamado 376 (Ramos y Ravelo, 2000; 2001). Es por ello que el rastreo de los orígenes de estos azúcares y su efecto sobre el agotamiento de las mieles cobra un especial interés. Según los primeros intentos de conocer los factores que determinaban la aparición de los AIS en los jugos industriales, se pudo conocer que tanto el deterioro como los procesos fisiológicos de la caña eran fuentes de estas sustancias. Su aparición en la caña fresca se determinó que depende de varios factores como:

- ✓ Variedad de la caña.
- ✓ Momento del corte (época del año) de la caña.
- ✓ Edad de la caña.
- ✓ Acción de agentes externos sobre la caña.

**Fig.1 Comportamiento del nivel de azúcares en jugos con el avance de la zafra.**



Por otra parte, luego del corte, la aparición de los AIS de bajo peso molecular en los jugos de caña, está determinada por los mismos factores reportados para la aparición de las dextranas, alcohol y otros metabolitos de los microorganismos como son:

- ✓ Tiempo entre el corte y la molienda.
- ✓ Grado de troceado de la caña.
- ✓ Quema.
- ✓ Factores climáticos: húmeda, temperatura, etc.
- ✓ Variedad de la caña.

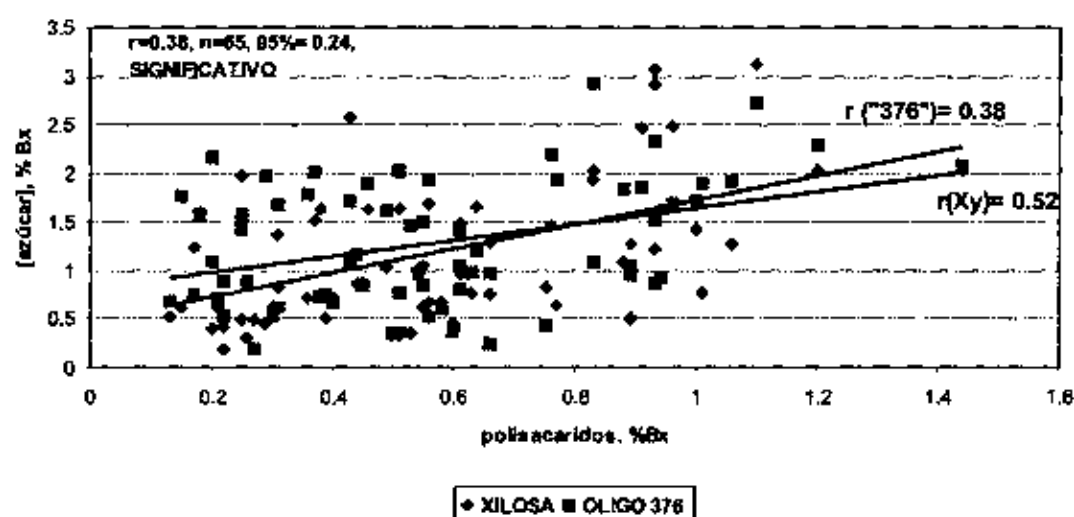
En la figura 1 se puede observar el nivel de concentración de los AIS en estudio durante todo el desarrollo de la zafra, en el ingenio Pablo Noriega. Como se puede notar estas sustancias incrementan su concentración cuando se muelen cañas quedadas, deterioradas o quemadas. En la figura 2 se hace evidente en qué medida el contenido de estos 2 azúcares en los jugos industriales está determinado por el deterioro de la caña, obsérvese la dependencia entre la presencia de d-xilosa o del componente 376 y la concentración de polisacáridos (dex-

tranas), parámetro este último relacionado con el deterioro de la caña. Como se aprecia, es estadísticamente significativa la correlación, lo que indica que el deterioro influye, significativamente, en la presencia de estos azúcares en los jugos industriales. No obstante, en la figura 1 se hace evidente un posible efecto de la edad de la caña, el que queda enmascarado por el propio deterioro y el efecto de la mezcla de variedades de caña que se muelen diariamente.

El efecto de la edad de la caña se hace más evidente al estudiar los niveles de estos azúcares en cañas frescas de 8 variedades distintas con diferentes edades cada una. Los resultados que se pueden observar en la figura 3 son sorprendentes, independientemente de las variaciones provocadas por las características varietales, existe una dependencia significativa entre la edad de la caña y los niveles de concentración de los AIS estudiados. Resultados semejantes se observan al considerarse los azúcares de mediano peso molecular (CMP).

Es decir, que la concentración de la d-xilosa y del azúcar 376 en los jugos industriales depende tanto

**Fig.2 Formación de azúcares en el jugo con el deterioro de la caña.**



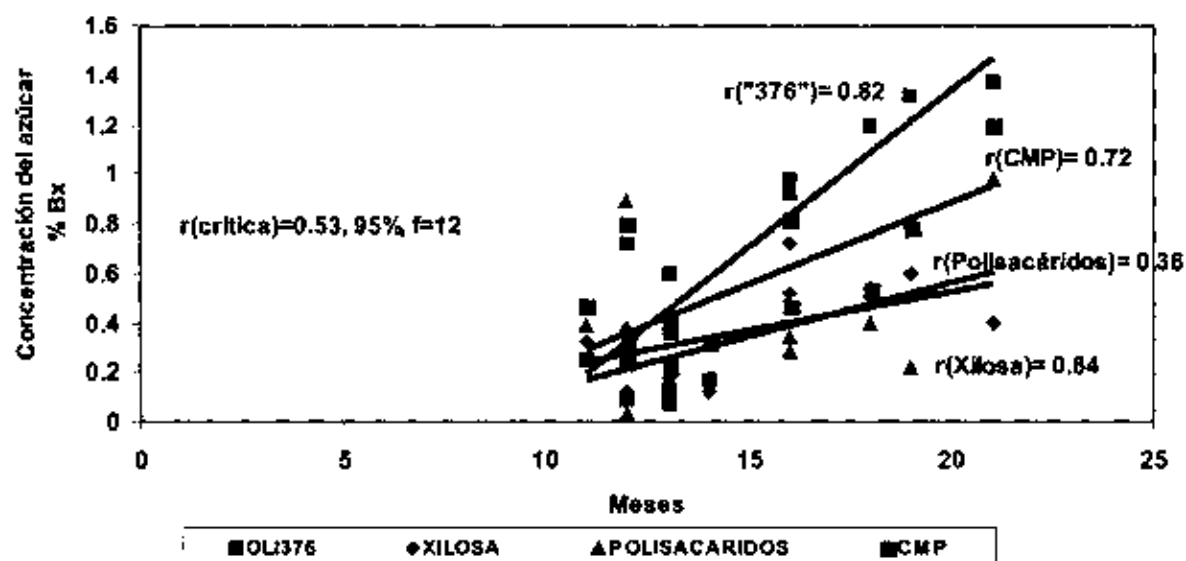
del grado de deterioro de la caña como de sus factores fisiológicos.

Ahora bien, ¿qué significa para las posibilidades de agotamiento de las mieles la presencia de estos azúcares? Es de esperar que a medida que aumente la concentración de estos 2 azúcares en los jugos y mie-

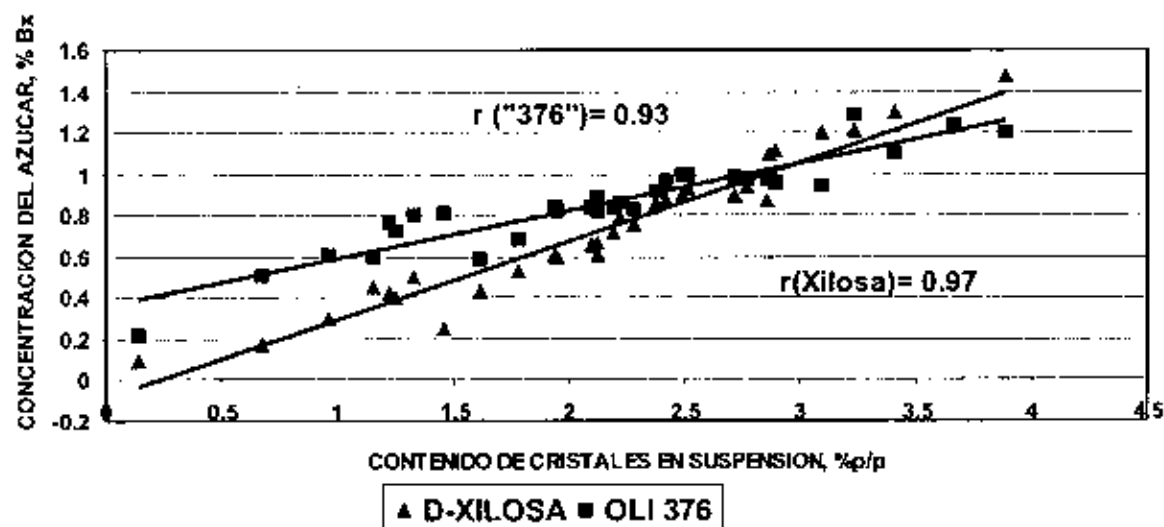
les, mayores sean los cambios morfológicos de los cristales de sacarosa y la aparición de cristales alargados por su eje "c", en forma de aguja.

Según esta hipótesis es de esperar mayor escape de cristales de sacarosa a las mieles finales y, por ende, la elevación de su pureza. En la figura 4 se

**Fig.3 Efecto de la edad de la caña en su composición de azúcares.**



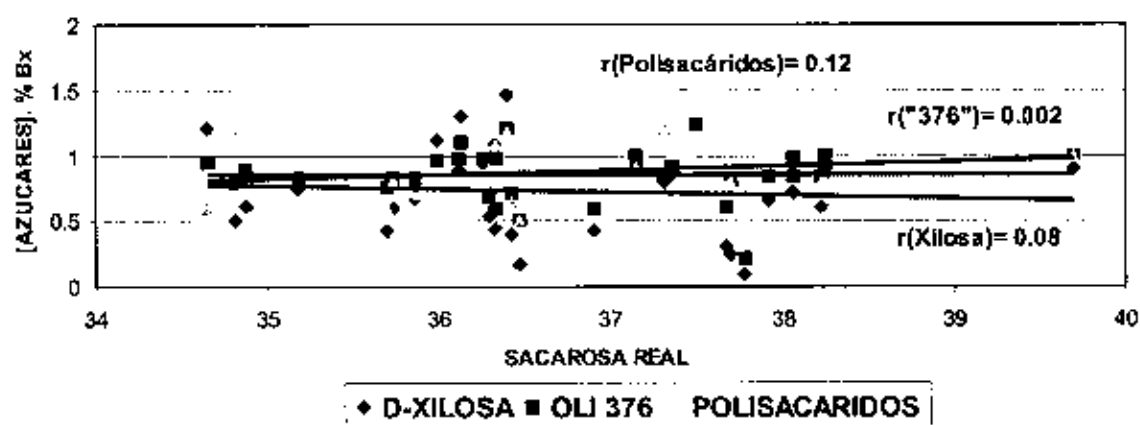
**Fig.4 Variación de la composición de carbohidratos de la miel al aumentar la cantidad de cristales en suspensión.**



puede observar que la cantidad de cristales de sacarosa suspendidos en las mieles, que oscila entre 0 y 4 % p/p (o sea la proporción peso del cristal/peso de la miel), correlaciona altamente con su contenido de d-xilosa o del azúcar 376 a pesar de que los microcristales se pudieran originar por otras causas durante la cristalización, lo que evidencia que estos 2 azúcares están asociados al aumento de las purezas de las mieles por escape de cristales.

No obstante, como se puede observar en la figura 5, ninguno de estos azúcares que impurifican la sacarosa en los jugos industriales, producen un efecto apreciable sobre la pureza de las mieles ("medida después de eliminarlos los cristales en suspensión"), lo que evidencia que no alteran, perceptiblemente, la solubilidad de la sacarosa en las mieles, fundamentalmente, por el bajo nivel de concentración que alcanzan en éstas, el que resulta mucho menor que el de la glu-

**Fig.5 Relación entre las purezas de las mieles y la presencia de varios azúcares.**



\*Purezas medidas después de eliminarlos a las mieles los cristales en suspensión.

cosa y la fructosa, azúcares que representan un papel rector en las posibilidades termodinámicas de agotar las mieles finales. El efecto de estos AIS (incluido los polisacáridos) en la cinética de crecimiento de la masa del cristal quedó, por tanto, reducido, en la práctica, a la disminución del tamaño medio de los cristales, acentuándose las posibilidades de fuga de microcristales alargados (cristales aguja) a las mieles.

## CONCLUSIONES

1. El aumento de la concentración de la d-xilosa y el azúcar nombrado 376 en los jugos de caña está determinado tanto por el grado de deterioro de la caña como por sus mecanismos fisiológicos, entre los que se destaca la edad de ésta.
2. Los AIS antes señalados elevan la posibilidad de escape de microcristales de sacarosa alargados a las mieles, lo que provoca la elevación de su pureza.

## BIBLIOGRAFÍA

Fernández, M. T., G. Moya y H. Cuéllar: "Estimación de las pérdidas de azúcar por atraso de la caña", *Revista ATAC*, 31: 12-17, 1985.

Foster, D. H., P. A. Inkerman and K. E. Mc Neil: "Studies on the deterioration of cane and cane juice", *Queensland Soc. Sugar Cane Technol.*, 41: 161-169, 1980.

Gupta, A. and K. A. Prabhu: "Control of *Leuconostoc* contamination in the sugar industry", *Int. Sugar J.*, 95: 356-358, 1983.

Hormaza, J., B. E. Martín, E. L. Ramos, A. R. Loen and M. Díaz: "Non sugar and their influence upon the sucrose crystal habit", *Proceeding of the XIII ISSCT Congress*, Ciudad de La Habana, pp. 1178-1191, Cuba, 1983.

Imrie, F. K. E. and R. H. Tibury: "Polysaccharides in sugar cane and its products", *Sugar Technology Review*, 1(4): 339, 1972.

Leal, J. E. y S. Kara-Murza: "Determinación de polisacáridos en jugos de caña y en los productos de la industria azucarera", *ICIDCA*, 6(2): 25, 1972.

Morel du Boil, P. G.: "Sucrose crystal habit in a refinery", *Int. Sugar J.* (88)1045: 7-14, 1986.

Ramos, E. L., S. Ravelo y B. Torres: "Disminución de las pérdidas de sacarosa durante el deterioro microbiológico de la caña y sus jugos", *Conf. ATAC*, 1992.

Ramos, E. L. y S. Ravelo: "Los oligosacáridos y la eficiencia agroindustrial azucarera", Partes I, II, III, IV, Nos. 1, 2, 3, 4, 2000.

Ramos, E. L., y S. Ravelo: "Los oligosacáridos y la eficiencia agroindustrial azucarera" Partes V, VI, XXX Nos. 1, 2, 2001.

Ramos, E. L., S. Ravelo y E. Muñoz: "La d-xilosa. Un monosacárido asociado a la deformación del cristal de sacarosa", *CubaAzúcar*, 2001.

Ravelo, S., E. L. Ramos and R. Mejías: "Sugar cane deterioration and its implication in the factory", *Int. Sugar J.*, 93: 82-86, 1991.

Ravelo, S., E. L. Ramos and B. M. Torres: "Inhibition of oligosaccharides and polysaccharides formation during sugar cane deterioration", *Int. Sugar J.*, vol. 93, 1991.

Ravelo, S., E. L. Ramos and B. M. Torres: "Origin of oligo and polysaccharides in cane juices and their effect on sugar mill efficiency", *Proceeding of the XXI ISSCT Congress*, Bangkok, Thailandia, 1992.

Ravelo, S. y E. L. Ramos: "Procedimiento analítico para la determinación de oligosacáridos en la caña y sus jugos", *Congreso de la ISSCT*, Colombia, 1995.

Rodríguez, C., M. Martínez y R. Valdés: "Los carbohidratos solubles y la calidad del jugo en la maduración", *Memorias del 44 Congreso de la ATAC*, Poster de Agricultura-Biología, Ciudad de La Habana, Cuba, Ed. Dpto. de Divulgación y Reproducción del ICINAZ, pp. 283-291, 1984.

Upadhiaya, U. C.: "Mill sanitation another look", *Sugar J.*, (50)2: 8-11, 1987.

Wong, C. C., L. C. Lee, W. H. Shih, and W. H. Pan: "Sugar losses from cane deterioration based on a factory scale test", *Taiwan Sugar* (33)3: 8-12, 1986.