

Tolerancia al frío de nuevas variedades de caña de azúcar

María I. Cuenya*, Santiago Ostengo*, B. Silvia Zossi**, R. Marcelo Ruiz**, María B. García*, Marcos Sastre Siladji***, Natalia Sorol*** y Miguel A. Ahmed*

* Ing. Agr., Sección Caña de Azúcar, EEAOC. ** Ing. Qco., Sección Química, EEAOC. *** Lic. en Qca, Sección Química, EEAOC. micuenya@eeaoc.org.ar

Introducción

La susceptibilidad de la caña de azúcar al frío es el principal factor que limita la distribución de este cultivo, hasta aproximadamente los 30° de latitud en los hemisferios Sur y Norte de nuestro planeta. Aquellas zonas cañeras más alejadas de los trópicos de Cáncer y de Capricornio, situados a 23° 26' de latitud de los hemisferios Norte y Sur, respectivamente, están en general más expuestas a la influencia negativa de las bajas temperaturas. El área cañera de la provincia de Tucumán, ubicada entre los 26° 51' y 27° 40' de latitud Sur, se encuentra, en su mayor parte, expuesta a la ocurrencia de heladas de diferente severidad.

Entre otros daños que producen en la planta, las heladas tienen un impacto negativo sobre el contenido sacarino de los tallos, como consecuencia de dos causas importantes: el daño en el follaje que afecta la fotosíntesis, disminuyendo el ritmo de acumulación de sacarosa o bien deteniendo la maduración, y el deterioro del jugo en el período post-helada -con reducción del contenido de sacarosa y aumento de sustancias no deseables-, lo

que afecta la cantidad y calidad del azúcar recuperado en fábrica (Romero *et al.*, 2009).

Existen diversas estrategias de manejo para evitar elevadas pérdidas de azúcar por heladas, entre las cuales se destacan la distribución adecuada de variedades, acorde al tipo de maduración y tolerancia al deterioro post-heladas; la aplicación de maduradores químicos, que posibilita un incremento temprano del contenido sacarino; la coordinación eficaz de cosecha y molienda, priorizando regiones más afectadas, y las acciones para evitar la quema y el estacionamiento.

Para disminuir las pérdidas de azúcar por heladas, existen también estrategias planteadas dentro de los programas de mejoramiento genético, que son más difíciles de alcanzar. En este sentido, el Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar (PMGCA) de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) ha abordado las siguientes líneas de trabajo: la incorporación de germoplasma con maduración temprana y/o con tolerancia al frío para ser utilizado en cruzamientos

dirigidos, la selección de variedades con maduración temprana y las evaluaciones especiales de la tolerancia al frío de variedades comerciales y clones promisorios, en ensayos ubicados en zonas con ocurrencia sistemática de heladas.

En el presente trabajo, se presentan los aspectos metodológicos de nuevas técnicas implementadas por la EEAOC para evaluar la tolerancia al frío y los principales resultados obtenidos en ensayos con variedades TUC recientemente liberadas al medio productivo. Se destaca que estos nuevos procedimientos fueron implementados por la EEAOC desde 2007, año a partir del cual se comenzaron a evaluar sistemáticamente diferentes materiales genéticos con respecto a su tolerancia al frío, política nunca antes implementada dentro del PMGCA.

Esquema simplificado del deterioro de la sacarosa causado por las heladas

En la Figura 1 se presenta un esquema simplificado de lo que ocurre a nivel del tejido celular de la caña de azúcar, luego de la

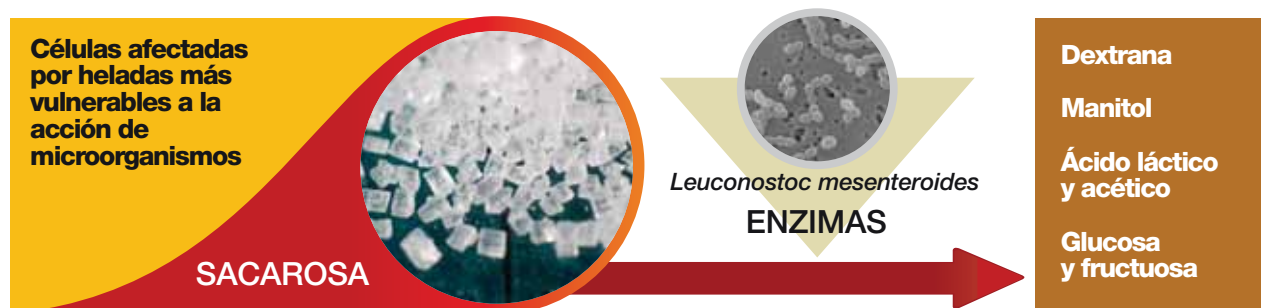


Figura 1. Esquema simplificado del deterioro de la sacarosa.



Descubrite más productivo.

El desarrollo permanente de nuevos productos para soja no sólo nos convierte en la compañía líder en innovación tecnológica, sino que logra cultivos más sanos y de mayores rindes.

DuPont
Agro

Descubrite más productivo. Descubrí DuPont.

Coragen® **DINNO** **Stinger®**

DuPont, Inno, Coragen, Stinger, DuPont y Los Mágicos de la Ciencia son marcas registradas de E.I. du Pont de Nemours and Company o sus subsidiarias. Dinno es un producto registrado por Coragro Agro Argentina S.A.

PELIGRO. SU USO INCORRECTO PUEDE PROVOCAR DAÑOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE. LEA ATENTAMENTE LA ETIQUETA.

ocurrencia de bajas temperaturas. Las células afectadas por heladas se tornan más vulnerables a la acción de microorganismos (especialmente de la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*) que degradan la sacarosa por la acción de diferentes enzimas y la convierten en dextrana (polisacárido), manitol (polialcohol), ácidos orgánicos (preferentemente ácidos láctico y acético) y azúcares simples, tales como glucosa y fructosa. Es importante destacar que la entrada de microorganismos en el tejido de la caña de azúcar es favorecida por la muerte de las yemas laterales y por el agrietamiento de los tallos, que ocurren como consecuencia de las heladas.

En términos generales, en un jugo deteriorado por las heladas y por la acción de microorganismos, es posible determinar la disminución de la sacarosa y pureza reales, el aumento de la acidez (por presencia de ácidos orgánicos) y el incremento de la viscosidad (por presencia de cantidades anormales de dextrana). El deterioro del jugo es aun más grave cuando ocurren condiciones de tiempo cálido y húmedo luego de la helada, por favorecer este el crecimiento microbiano. Este jugo deteriorado dificulta la recuperación de azúcar en fábrica, tanto en cantidad como en calidad (Figura 2).

Breve descripción metodológica de la evaluación de la tolerancia al frío

En 2010, se efectuaron muestreos (semanales o quincenales) de las variedades TUC 95-10, TUC 95-37, TUC 97-8, TUCCP 77-42 y LCP 85-384, a partir de la fecha de ocurrencia de la primera helada. Se destaca que LCP 85-384 y TUCCP 77-42 son variedades con jugos con buena y baja tolerancia a heladas, respectivamente. Por lo tanto, estos testigos resultan importantes referentes, al presentar comportamientos muy contrastantes frente a las heladas. Se tomaron tallos no afectados por gusano perforador (*Diatraea saccharalis*), pues el deterioro producido por esta plaga puede confundirse con aquel provocado por las heladas. Las muestras, tomadas con dos repeticiones, se extrajeron de ensayos comparativos de variedades implantados en las localidades de Palá Palá (Depto. Leales) y Santa Ana (Depto. Río Chico).

Las muestras, compuestas por 10 tallos limpios y despuntados en su punto de quiebre, fueron procesadas en laboratorio con una desfibradora a martillo ("open cell" aproximadamente del 95%) y el jugo fue extraído con prensa hidráulica (con una presión de 240 kg/cm² durante un minuto).

A partir del jugo obtenido, se realizaron las siguientes determinaciones:

- contenido de sacarosa mediante cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC);
- concentración de manitol en jugo, mediante una técnica enzimática colorimétrica medida con un espectrofotómetro;
- acidez titulable y pH (mediante un titulador automático y un pHmetro, respectivamente);
- sólidos solubles (Brix), mediante un refractómetro digital con compensación de temperatura a 20°C;
- pureza real, mediante la relación concentración de sacarosa * 100/ Brix refractométrico.

En las Tablas 1 y 2, se indican las fechas de ocurrencia y la intensidad y duración de las heladas en 2010, en las localidades de Santa Ana e Ingas. Los datos de esta última localidad, que pertenece al Depto. Simoca, se consideraron en la evaluación del comportamiento de las variedades en Palá Palá, por ser suficientemente representativos térmicamente (Forciniti, J.; comunicación personal, 2013) y por no disponerse de otra estación meteorológica más cercana al ensayo.

JUGO DETERIORADO POR HELADAS



Tabla 1. Fecha de ocurrencia, intensidad y duración de las heladas en Santa Ana (Depto. Río Chico) en 2010.

Fecha	Intensidad	Duración
13/07/2010	-2,8	07:45
14/07/2010	-2,7	08:00
18-19/07/2010	-3,2	10:45
20/07/2010	-1,8	06:45
21/07/2010	-0,6	00:30
22/07/2010	-0,4	02:15
23/07/2010	-0,8	02:30
26/07/2010	-0,1	00:00
05-06/08/2010	-3,1	09:30

Figura 2. Esquema de los procesos que se desencadenan con el deterioro del jugo de caña de azúcar, provocado por heladas.

Tabla 2. Fecha de ocurrencia, intensidad y duración de las heladas en Ingas (Depto. Simoca) en 2010.

Fecha	Intensidad	Duración
28/06/2010	-1,7	03:15
29/06/2010	-0,3	01:30
30/06/2010	-0,6	03:15
13/07/2010	-5,2	09:45
13-14/07/2010	-4,6	09:45
18-19/07/2010	-5,4	10:30
20/07/2010	-3,8	08:45
21/07/2010	-0,9	02:30
22/07/2010	-2,9	07:00
23/07/2010	-2,8	06:15
24/07/2010	-2,1	07:00
26/07/2010	-2,6	05:15
27/07/2010	-1,7	03:45
05-06/08/2010	-4,8	10:15
07/08/2011	-0,5	00:45
15/08/2010	-2,9	04:30
16/08/2010	-1,9	04:15

Resultados indicativos de la tolerancia al deterioro post-heladas

- TUC 95-10

En la Figura 3 se grafica la evolución de manitol en TUC 95-10, variedad liberada por la EEAOC en 2011, y en los testigos LCP 85-384 y TUCCP 77-42, luego de la ocurrencia de heladas. Se especifica que el día 0 es aquel en que ocurrió la primera helada en la localidad de Palá Palá (28/06/2010). En la figura se observa que el jugo de TUC 95-10 presenta una buena tolerancia al deterioro post-heladas, con un comportamiento muy próximo al de LCP 85-384, registrándose un aumento de la concentración de manitol en mayor medida a partir de los 45 días posteriores a la helada. Este incremento de manitol en

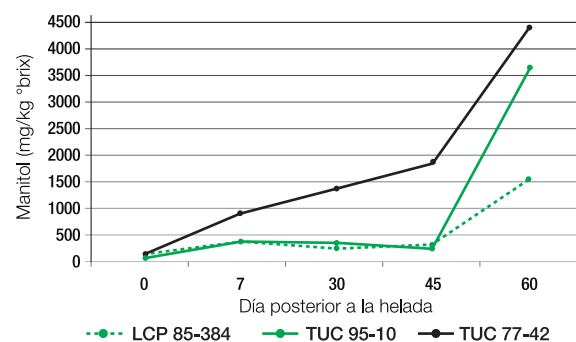


Figura 3. Evolución de los valores de manitol promedio, a partir del día de ocurrencia de la primera helada (día 0) y a los 7, 30, 45 y 60 días posteriores. Palá Palá, 2010.

TUCCP 77-42 ocurre a partir del séptimo día.

En la Figura 4 se presenta la evolución de la sacarosa, observándose que TUC 95-10 aparece con un comportamiento intermedio entre los testigos de buena y de baja tolerancia al deterioro post-heladas.

En la Tabla 3 se presentan los valores de sacarosa y pureza real, manitol, pH y acidez, en el día de ocurrencia de la helada (día 0) y 60 días después para las tres variedades mencionadas anteriormente. Se registran, además, las diferencias entre ambas determinaciones. En los tres primeros parámetros (sacarosa, pureza real y manitol), se observan diferencias sensibles, que confirman el comportamiento intermedio de TUC 95-10 respecto a ambos testigos de referencia. En términos generales, el pH disminuye y la acidez aumenta, aunque se observa que las diferencias obtenidas no son muy marcadas. En otros trabajos realizados, también se indica que

Tabla 3. Valores promedio de sacarosa y pureza real, manitol, pH y acidez, para el día de ocurrencia de la helada (día 0) y para el día 60 y diferencias entre ambas determinaciones (Palá Palá, 2010).

Variedad	Día	Sacarosa (g/100g)	Pureza real (%)	Manitol (mg/kg °Bx)	pH	Acidez (g/100 ml)
LCP 85-384	0	19,6	90,97	139,2	5,5	0,095
	60	18,62	89,24	1547,4	5,4	0,107
	Dif.	-0,98	-1,73	1408,2	-0,1	0,012
TUC 95-10	0	18,86	89,99	63,6	5,5	0,118
	60	16,59	85,13	2552	5,1	0,184
	Dif.	-2,27	-4,86	2488,4	-0,4	0,066
TUCCP 77-42	0	18,8	90,89	162,8	5,5	0,184
	60	15,21	77,82	4386	5,2	0,244
	Dif.	-3,59	-13,07	4223,2	-0,3	0,06

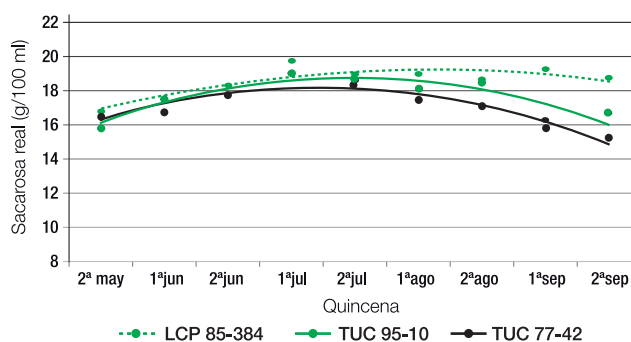


Figura 4. Evolución quincenal de los valores de sacarosa promedio entre mayo y setiembre (localidad de Palá Palá, 2010).

estos parámetros no resultan muy sensibles para medir el deterioro por heladas, debido a la capacidad "buffer" del jugo de caña (Eggleston and Legendre, 2003; Eggleston and Harper, 2006).

-TUC 95-37 y TUC 97-8

En la Figura 5, se presenta la evolución del manitol para otras dos variedades liberadas por la EEAOC en 2009 (TUC 95-37 y TUC 97-8) y los mismos testigos (LCP 85-384 y TUCCP 77-42) en la localidad de Santa Ana, donde la fecha inicial de heladas fue el 13/07/2010. Se observa que TUC 97-8 tiene un comportamiento similar al de LCP 85-384. TUC 95-37 también presenta un buen comportamiento hasta los 45 días posteriores a la helada; luego, el contenido de manitol se eleva, pero no al nivel registrado para TUCCP 77-42.

En la Figura 6, se presenta la evolución de la concentración de sacarosa luego de una helada. Puede observarse que las dos nuevas variedades muestran un

comportamiento muy próximo al de LCP 85-384, con una caída un poco más pronunciada en TUC 95-37.

En la Tabla 4, analizando las variables sacarosa, pureza real y manitol, se observa que TUC 97-8 muestra un comportamiento similar al de LCP 85-384, mientras que TUC 95-37 presenta valores intermedios entre ambos testigos de referencia. Otra vez, las variaciones registradas en pH y acidez no son muy marcadas.

Es importante destacar que de los parámetros determinados, el indicador más sensible para medir el deterioro por heladas es la concentración de manitol. La técnica utilizada para determinarlo es sencilla y específica; además, su concentración está inversamente relacionada con la recuperación de azúcar en fábrica (Eggleston and Harper, 2006).

La técnica para determinar manitol en jugo deteriorado por heladas en caña de azúcar fue desarrollada y validada por el equipo de trabajo de la Dra. Eggleston en el Southern Regional Research Center (USDA-ARS, New Orleans, EE.UU.), donde personal de la EEAOC se capacitó en esta materia.

Consideraciones finales

El PMGCA, conjuntamente con la Sección Química de Productos Agroindustriales de la EEAOC, ha puesto en marcha y perfeccionado una serie de procedimientos para

Tabla 4. Valores promedio de sacarosa y pureza real, manitol, pH y acidez, para el día de ocurrencia de la helada (día 0) y para el día 60 y diferencias entre ambas determinaciones (Santa Ana, 2010).

Variiedad	Día	Sacarosa (g/100g)	Pureza real (%)	Manitol (mg/kg °Bx)	pH	Acidez (g/100 ml)
LCP 85-384	0	20,4	92,7	151,3	5,48	0,098
	60	18,5	87,3	249,6	5,55	0,115
	Dif.	-1,9	-5,4	98,3	0,07	0,017
TUC 97-8	0	20,1	91,2	153	5,4	0,184
	60	18,4	86,8	230,4	5,38	0,188
	Dif.	-1,7	-4,4	77,4	-0,02	0,004
TUC 95-37	0	19,4	90,4	151,2	5,4	0,131
	60	17,9	87,5	977,6	5,26	0,192
	Dif.	-1,5	-2,9	826,4	-0,14	0,061
TUCCP 77-42	0	18,2	88,9	357,5	5,54	0,207
	60	15,6	80,7	2368	5,21	0,274
	Dif.	-2,6	-8,2	2010,5	-0,33	0,067

valorar la tolerancia al deterioro por heladas en variedades comerciales. Estas valoraciones nunca antes habían sido abordadas en forma sistemática dentro del PMGCA.

Los análisis efectuados en 2010 determinaron que TUC 97-8 mostró una buena tolerancia al deterioro post-heladas con un comportamiento muy próximo al de LCP 85-384, mientras que los nuevos cultivares TUC 95-10 y TUC 95-37 presentaron un comportamiento intermedio. Se destaca la importancia de optimizar la valoración de la tolerancia a heladas de nuevas variedades comerciales, lo cual constituye un importante atributo a considerarse, conjuntamente con otras características productivas y fitosanitarias, para una distribución más racional de estas en el área cañera de Tucumán.

Bibliografía citada

Eggleston, G. and B. Legendre. 2003. Mannitol and oligosaccharides as new criteria for determining cold tolerance in sugarcane varieties. Food Chemistry 80: 451-461.

Eggleston, G. and W. Harper. 2006. Determination of sugarcane deterioration at the factory: development of a rapid, easy and inexpensive enzymatic method to measure mannitol. Food Chemistry 98: 366-372.

Romero, E. R.; P. A. Digonzelli; M. J. Tonatto; J. Scandaliaris; J. Fernández de Ullivarri; J. A. Giardina; L. G. P. Alonso; M. F. Leggio Neme y S. A. Casen. 2009. Heladas: efecto sobre los cañaverales y alternativas de manejo. En: Romero, E. R; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (eds.), Manual del cañero, EEAOC, Las Talitas, Tucumán, R. Argentina, pp. 161-168.]

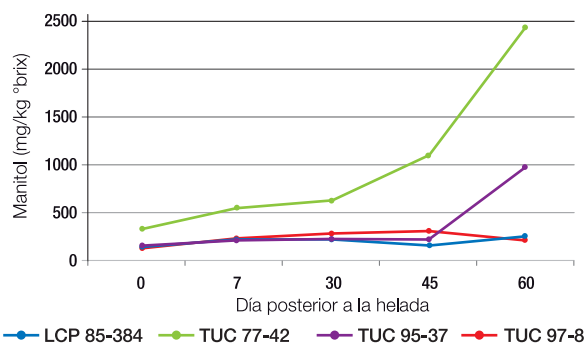


Figura 5. Evolución de los valores de manitol promedio a partir del día de ocurrencia de la primera helada (día 0) y a los 7, 30, 45 y 60 días posteriores. Santa Ana, 2010.

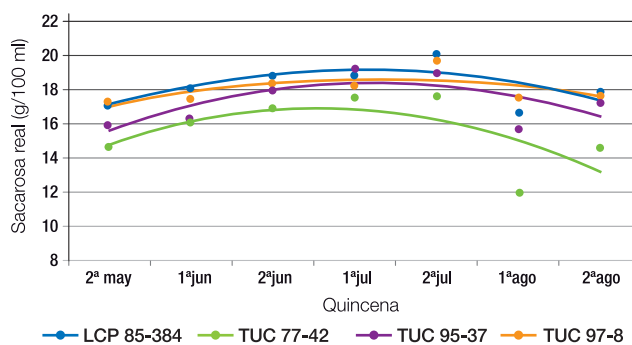


Figura 6. Evolución quincenal de los valores de sacarosa real promedio entre mayo y setiembre (localidad de Santa Ana, 2010).