

Evaluación de la tolerancia al frío de la variedad de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) TUC 00-19

Santiago Ostengo*, B. Silvia Zossi**, Diego D. Costilla*, Soledad Medina**,
María B. García*, Natalia Sorol**, R. Marcelo Ruiz** y María I. Cuenya*

RESUMEN

El área cañera de la provincia de Tucumán (R. Argentina) se encuentra expuesta a la ocurrencia de heladas de diferente severidad. Esta adversidad meteorológica tiene un impacto negativo sobre la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), provocando en el jugo una disminución del contenido de sacarosa y un incremento de azúcares simples, de acidez y de sustancias no deseables que afectan la recuperación de azúcar en fábrica. En este sentido, es importante caracterizar el comportamiento de nuevos cultivares de caña de azúcar luego de la ocurrencia de una helada. En este trabajo se evaluó la tolerancia al frío de la variedad TUC 00-19, liberada en 2013 por el Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes de Tucumán. Para ello se determinó el contenido de sacarosa, azúcares simples, pureza real y acidez del jugo a los 7, 14, 21, 28 y 35 días luego de ocurrida la helada en TUC 00-19, LCP 85-384 y TUCCP 77-42. Estas dos últimas variedades se utilizaron como testigos de buena y baja tolerancia al deterioro del jugo por frío, respectivamente. La disminución de sacarosa y pureza real, registrada a los 35 días posteriores a la ocurrencia de la primera helada, fue menor en TUC 00-19 con respecto a la registrada en ambos testigos, donde las diferencias obtenidas con LCP 85-384, en todas las fechas de evaluación, no fueron estadísticamente significativas. Con respecto al nivel de acidez del jugo post-heladas se registraron incrementos con diferencias estadísticamente significativas a los siete días de la ocurrencia de la helada para todas las variedades. TUC 00-19 y LCP 85-384 presentaron niveles menores de acidez que TUC 77-42 en todas las fechas de evaluación. Estos resultados definen a TUC 00-19 como una variedad con buena tolerancia al deterioro del jugo por frío.

Palabras clave: nuevo cultivar, deterioro post-heladas, sacarosa.

ABSTRACT

Evaluation of cold tolerance of the TUC 00-19 sugarcane (*Saccharum* spp.) variety.

The sugarcane area in the Tucuman province (R. Argentina) gets exposed to occasional freezes of different severity. This has a negative impact on the sugarcane (*Saccharum* spp.), causing a drop in sucrose and an increase in simple sugars, acidity and various harmful substances that reduce the sugar recovery in the factory. In this sense it is important to characterize each new sugarcane cultivar with respect to its post-freeze performance. This work studied the cold-tolerance of the TUC 00-19, a variety released in 2013 by the Sugarcane Breeding Program of Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (Tucumán, Argentina). Sucrose, simple sugars, true purity and acidity in the juice extracted from three varieties, TUC 00-19, LCP 85-384 and TUCCP77-42 were assessed at 7, 14, 21, 28 and 35 days after the first freeze. The last two were used as the control varieties with known good and low cold-tolerance, respectively. The decline in sucrose and true purity at 35 days after the first freeze was less in the TUC 00-19 than in either of the two controls. However, the differences between the TUC 00-19 and LCP 85-384 were not statistically significant. Regarding the juice acidity, statistically significant increase occurred in all varieties seven days post-freeze. The TUC 00-19 and LCP 85-384 showed less acidity (higher pH) than TUCCPP 77-42 at all evaluation dates. These results characterize the TUC 00-19 as a cultivar with good tolerance against freeze damage.

Key words: new cultivar, post-freeze damage, sucrose.

*Sección de Caña de Azúcar, EEAOC. santiagostengo@eeaoc.org.ar

**Sección Química de Productos Agroindustriales, EEAOC.

INTRODUCCIÓN

El área cañera de la provincia de Tucumán (República Argentina) se encuentra expuesta a la ocurrencia de heladas de diferente severidad. Esta adversidad meteorológica tiene un impacto negativo sobre la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), provocando un progresivo deterioro del jugo, lo que implica una reducción en el contenido de sacarosa y un aumento de sustancias no deseables que afectan el procesamiento en fábrica (Romero *et al.*, 2009). El tejido de la caña de azúcar, afectado por una helada, favorece el ingreso y proliferación de microorganismos (especialmente de la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*), los cuales degradan la sacarosa por acción de diferentes enzimas, y la convierten en azúcares simples (glucosa y fructosa), polisacáridos (dextranas), polialcoholes (manitol) y ácidos orgánicos (preferentemente ácidos láctico y acético). Por esta razón, una planta de caña de azúcar dañada por frío posee un jugo con baja pureza real (contenido bajo de sacarosa y alto de azúcares simples), elevada acidez y presencia de sustancias anormales, principalmente dextranas, las cuales incrementan su viscosidad. Diferentes indicadores, en su mayoría productos del deterioro (dextranas, manitol, oligosacáridos, etc.), fueron reportados por diversos autores para evaluar el deterioro post-heladas del jugo de caña de azúcar (Legendre *et al.*, 1985; Eggleston and Legendre, 2003; Eggleston and Harper, 2006). Sin embargo, los estudios sobre el deterioro de caña de azúcar están referidos principalmente a determinar las pérdidas de sacarosa no solo por la reducción de beneficios para los agricultores y las fábricas, sino también por la formación de productos de degradación de sacarosa, tales como glucosa, fructosa y ácidos que pueden dificultar el proceso de producción de azúcar (Eggleston *et al.*, 2004).

Legendre *et al.* (1985) demostraron que hay efecto varietal en diferentes compuestos derivados del deterioro por frío, lo cual implica que la calidad industrial del jugo posterior a una helada depende en parte del genotipo. Es por ello que existen diferentes estrategias para evitar las pérdidas por heladas, como ser la caracterización de variedades comerciales con respecto a su tolerancia frente al frío, información importante para definir, entre otras cosas, el ambiente adecuado para su implantación y el momento óptimo de cosecha. En este sentido, las nuevas variedades de caña de azúcar liberadas en los últimos años por el Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar (PMGCA) de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) de Tucumán (TUC 97-8, TUC 95-37 y TUC 95-10) fueron valoradas en relación a su comportamiento luego de la ocurrencia de heladas (Cuenya *et al.*, 2014). En este trabajo se evaluó la

tolerancia al frío de la variedad de caña de azúcar TUC 00-19, liberada en 2013 por el PMGCA de la EEAOC de Tucumán.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2013, luego de la ocurrencia de la primera helada, se realizaron muestreos periódicos de la variedad TUC 00-19 conjuntamente con LCP 85-384 y TUCCP 77-42, consideradas como testigos de buena y baja tolerancia al deterioro del jugo por frío, respectivamente. El muestreo se efectuó en un ensayo implantado en la localidad de Palá Palá (Departamento Leales, Tucumán) en 2012 con estas tres variedades, según un diseño en bloque completamente aleatorizado con tres repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por una parcela con tres surcos de 10 metros de longitud. El muestreo inicial (día 0) se realizó en la fecha de ocurrencia de la primera helada (22/07/13), registrada en la localidad de Santa Rosa de Leales, distante a 12 km de Palá Palá. Esta helada tuvo una intensidad de - 6,9 °C y una duración de 11 horas (Figura 1).

Muestreos posteriores se realizaron a los 7, 14, 21, 28 y 35 días. 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" de aproximadamente el 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 determinó: I) contenido de sacarosa, glucosa y fructosa por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y II) acidez titulable y pH (mediante un titulador automático y un pHmetro, respectivamente). La pureza real fue estimada mediante la relación porcentual del contenido de sacarosa en el contenido total de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa).

Los datos obtenidos para todas las variables fueron ajustados por un modelo lineal mixto, donde los efectos variedad, tiempo (número de días desde la fecha de la primera helada) e interacción variedad por tiempo fueron considerados fijos, mientras que el efecto bloque fue considerado aleatorio. Debido a la naturaleza longitudinal de los datos (medidas repetidas en el tiempo) se consideró, además, el efecto aleatorio de parcela con el objeto de contemplar las posibles correlaciones temporales entre las observaciones (Schabenberger and Pierce, 2002; Littell *et al.*, 2000). Posteriormente, se realizó una prueba LSD de Fisher (nivel de significación del 5%) a partir de las medias predichas por el modelo ajustado de cada variable, lo que permitió realizar comparaciones entre variedades para cada fecha de evaluación y comparación entre fechas de evaluación para cada variedad. Para el análisis estadístico se utilizó el software Infostat versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

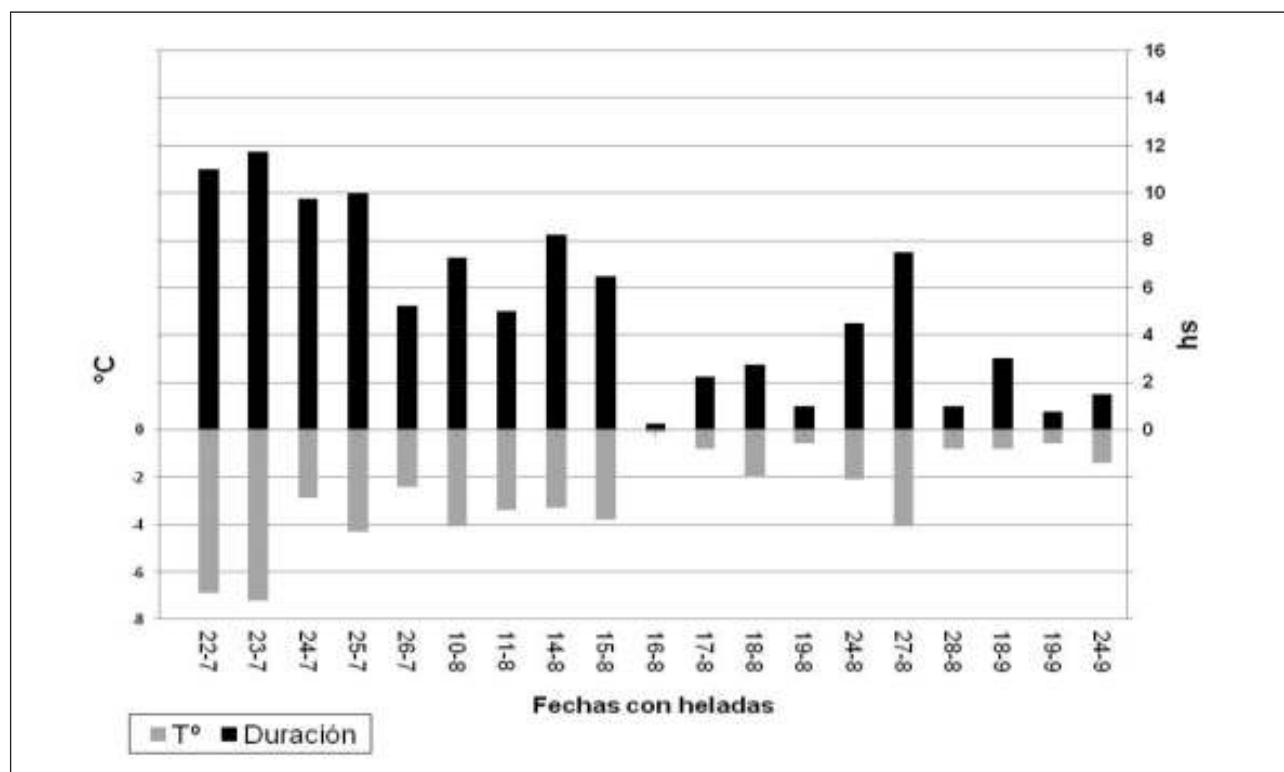


Figura 1. Intensidad y duración de las heladas registradas en 2013 en la localidad de Santa Rosa de Leales (Depto Leales, Tucumán). Fuente: Sección Agrometeorología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (Datos disponibles en <http://www.eaac.org.ar/agromet>)

Tabla 1. Contenido de sacarosa, glucosa y fructosa en jugo y valor de pureza real en las variedades de caña de azúcar TUC 00-19, LCP 85-384 y TUCCP 77-42 a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la ocurrencia de una helada.

Variedades	Días					
	0	7	14	21	28	35
Sacarosa (g/100g)						
TUC 00-19	18,11	a 17,72	a 14,15	a* 13,01	a* 12,93	a* 12,94
LCP 85-384	18,48	a 17,31	a 15,47	a* 13,92	a* 12,34	a* 12,48
TUCCP 77-42	16,31	b 14,28	b* 12,26	b* 10,02	b* 9,52	b* 7,54
Glucosa (g/100g)						
TUC 00-19	0,18	a 0,26	a 0,72	a* 1,09	a* 1,53	a* 1,78
LCP 85-384	0,14	a 0,31	a 0,86	a* 1,33	ab* 1,68	a* 1,94
TUCCP 77-42	0,30	a 0,29	a 0,83	a* 1,41	b* 1,65	a* 2,64
Fructosa (g/100g)						
TUC 00-19	0,27	a 0,42	a 0,76	a* 0,90	a* 1,28	a* 1,23
LCP 85-384	0,17	a 0,32	a 0,87	a* 1,22	a* 1,48	a* 1,77
TUCCP 77-42	0,37	a 0,49	a 0,95	a* 1,26	a* 1,60	a* 2,26
Pureza real (%)						
TUC 00-19	97,57	a 96,29	a 90,48	a* 85,54	a* 82,15	a* 81,14
LCP 85-384	98,38	a 96,49	a 89,91	a* 84,52	a* 79,61	a* 76,95
TUCCP 77-42	96,05	a 94,77	a 87,42	a* 78,91	b* 78,41	b* 60,43

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según prueba LSD de Fisher (5%) entre variedades para cada fecha de evaluación,

* indica diferencia estadísticamente significativa según prueba LSD de Fisher (5%) con respecto al valor inicial registrado (día 0) para cada variedad en particular,

Dif.: diferencia entre el valor registrado el día 35 y el valor inicial (día 0) para cada variedad en particular.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa que los valores de sacarosa en jugo disminuyeron para las tres variedades desde el día de ocurrencia de la primera helada (día 0) hasta los 35 días posteriores. Para esta variable, TUC 00-19 no evidenció diferencias estadísticamente significativas con respecto a LCP 85-384 en todas las fechas evaluadas. Lo contrario ocurrió con TUCCP 77-42, la cual obtuvo valores inferiores a los de los otros dos cultivares y con diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas. En referencia a las diferencias calculadas entre los valores obtenidos a los 35 días y los valores iniciales (día 0), TUC 00-19 fue la variedad que registró una menor disminución de sacarosa cada 100 gramos de jugo (5,2 g), siguiéndole a ella LCP 85-384 y TUCCP 77-42 con valores de 6,0 g y 8,8 g, respectivamente. Por otra parte, la disminución del contenido de sacarosa, causada por el deterioro, registró diferencias estadísticamente significativas a los 14 días de la ocurrencia de la primera helada para las variedades TUC 00-19 y LCP 85-384, mientras que en TUCCP 77-42 se registró a los siete días. Con respecto a los azúcares simples, tanto el contenido de glucosa como el de fructosa se incrementaron en las tres variedades a medida que aumentó el número de días

desde la fecha de la primera helada. El incremento de estos azúcares fue menor en la variedad TUC 00-19 a los 35 días. En esta fecha, este cultivar registró menor valor de glucosa y fructosa en relación a sus testigos, verificándose diferencias estadísticamente significativas (5%) con LCP 85-384 y TUCCP 77-42 en el contenido de fructosa y solo con TUCCP 77-42 en el contenido de glucosa (Tabla 1). En cuanto a la pureza real, los resultados presentados en la Tabla 1 muestran que la disminución observada en los tres cultivares, a los 35 días posteriores a la fecha de primera helada, fue menor en TUC 00-19 (16,4 puntos porcentuales) que en LCP 85-384 y TUCCP 77-42 (21,4 y 35,6 puntos porcentuales, respectivamente). Los valores medios de TUC 00-19 obtenidos en todas las fechas evaluadas no registraron diferencias estadísticamente significativas al 5% con respecto a los obtenidos para LCP 85-384, siendo superiores a los de este testigo desde el día 14 en adelante. En comparación con TUCCP 77-42, la pureza real de TUC 00-19 fue superior en todas las fechas con diferencias estadísticamente significativas al 5% en las últimas tres. La evolución del contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) y de la pureza real posterior a la ocurrencia de la helada fue representada también gráficamente en la Figura 2.

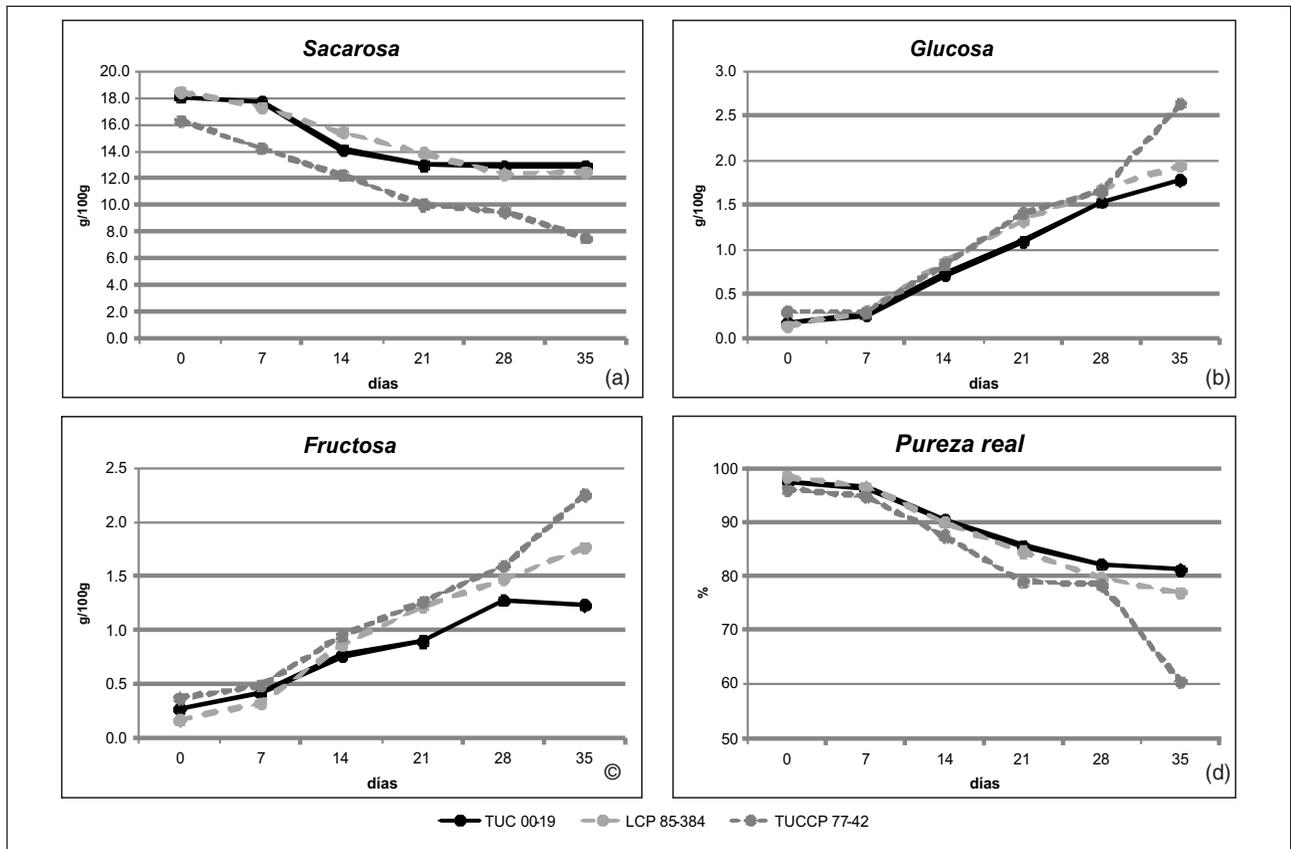


Figura 2. Evolución del contenido de sacarosa (a), glucosa (b) y fructosa (c) en jugo y de pureza real (d) en las variedades de caña de azúcar TUC 00-19, LCP 85-384 y TUCCP 77-42 a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la ocurrencia de una helada.

Tabla 2. Valores de pH y acidez titulable de las variedades de caña de azúcar TUC 00-19, LCP 85-384 y TUCCP 77-42 a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la ocurrencia de una helada.

Variedades	Días						Dif.
	0	7	14	21	28	35	
pH							
TUC 00-19	5,550 a	5,020 a*	5,030 a *	4,810 a*	4,770 a*	4,490 a *	-1,10
LCP 85-384	5,590 a	4,970 a*	4,710 ab*	4,700 a*	4,430 b*	4,430 a *	-1,20
TUCCP 77-42	5,420 a	4,830 a*	4,780 b *	4,400 b*	4,230 b*	4,280 a *	-1,10
Acidez titulable (g/100ml)							
TUC 00-19	0,100 a	0,213 a*	0,196 a *	0,271 a*	0,259 a*	0,302 a *	0,20
LCP 85-384	0,095 a	0,183 a*	0,192 a *	0,237 a*	0,338 b*	0,290 a *	0,20
TUCCP 77-42	0,190 b	0,321 b*	0,318 b *	0,439 b*	0,639 c*	0,531 b *	0,30

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según prueba LSD de Fisher (5%) entre variedades para cada fecha de evaluación,

* indica diferencia estadísticamente significativa según prueba LSD de Fisher (5%) con respecto al valor inicial registrado (día 0) para cada variedad en particular,

Dif.: diferencia entre el valor registrado el día 35 y el valor inicial (día 0) para cada variedad en particular.

Con respecto al nivel de acidez del jugo post-heladas (Tabla 2), se registraron incrementos desde el día 0. Tanto la disminución de pH como el aumento de la acidez titulable evidenciaron diferencias estadísticamente significativas (5%) a los 7 días de la ocurrencia de la primera helada para todas las variedades. Los cambios registrados a los 35 días fueron similares para los tres cultivares, sin embargo TUC 00-19 y LCP 85-384 presentaron niveles más bajos de acidez (niveles más altos de pH) que TUCCP 77-42 en todas las fechas de evaluación. Las diferencias entre TUC 00-19 y LCP 85-384, para las dos variables, no fueron estadísticamente significativas (5%) en todos los días de evaluación, a excepción del día 28, cuando TUC 00-19 obtuvo un mayor pH y un menor valor de acidez titulable

que LCP 85-384. La evolución de los valores de pH y de acidez titulable posterior a la ocurrencia de la helada fue representada también gráficamente en la Figura 3.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos definen a TUC 00-19 como una variedad con buena tolerancia al deterioro del jugo por frío. El comportamiento post-heladas, evaluado a través de la disminución de sacarosa y el aumento de azúcares simples y acidez en el jugo, fue similar al de la variedad LCP 85-384, testigo de reconocido buen comportamiento frente al daño por bajas temperaturas. Esta característica destacada, sumada a sus cualidades productivas y fitosanitarias, posiciona a TUC 00-19 como

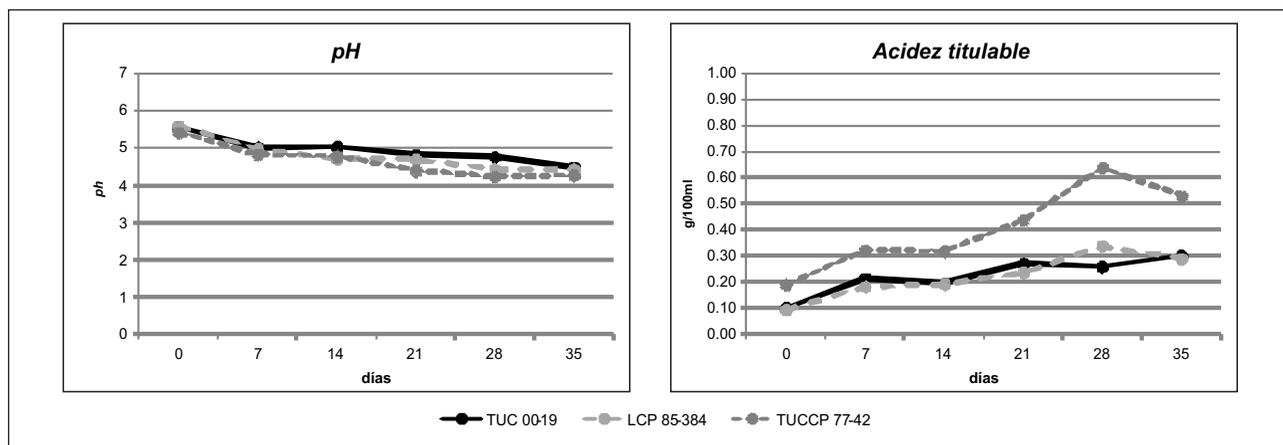


Figura 3. Evolución del pH (a) y de la acidez titulable (b) del jugo de las variedades de caña de azúcar TUC 00-19, LCP 85-384 y TUCCP 77-42 a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días posteriores a la ocurrencia de una helada.

una variedad a tener en cuenta por parte de los productores para ser incorporada al cultivo comercial de caña de azúcar de la provincia de Tucumán.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Cuenya M. I.; S. Ostengo; S. Zossi; M. Ruiz; M. B. García; M. Sastre; N. Sorol y M. A. Ahmed. 2014.** Tolerancia al frío de nuevas variedades de caña de azúcar. *Avance Agroind.* 35 (1): 17-20.
- Di Rienzo J.A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo. 2012.** InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea]. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.
- 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.; B. Legendre and T. Tew. 2004.** Indicators of freeze damaged sugarcane varieties which can predict processing problems. *Food Chemistry* 87 (1): 119–133.
- 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.
- Legendre, B. L.; W. S. C. Tsang and M. A. Clarke. 1985.** Changes in juice composition of sugarcane as affected by post-freeze deterioration in Louisiana. In: *Proceedings of the 1984 Sugar Proc. Res. Conf.*, New Orleans, LA, pp. 92–107.
- Littell, R. C.; J. Penderga and R. Natajan. 2000.** Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine* 19: 1793-1819.
- 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.
- Schabenberger, O. and F. Pierce. 2002.** Contemporary statistical models for the plant and soil sciences. CRC Press, Boca Raton, USA.