

Temperaturas previas y aclimatación en yemas florales de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] expuestas a congelación

Previous temperatures and acclimation on peach [*Prunus persica* (L.) Batsch.] flower buds exposed to freezing

Javier Emilio Chaar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria Junín
Isidoro Busquets s/n, La Colonia, Junín
Mendoza, República Argentina
Correspondencia: chaar.javier@inta.gob.ar

Resumen

Los árboles frutales caducifolios poseen un periodo de reposo durante el invierno, que les permite tolerar temperaturas bajas extremas con un mínimo de actividad, minimizando también el daño a sus órganos. Durante este periodo ocurren modificaciones dentro de la planta en función de los factores ambientales, principalmente de la temperatura del aire, lo cual repercute en cambios en la susceptibilidad al daño por congelación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las temperaturas previas a la ocurrencia de valores bajo cero en la resistencia a la congelación de yemas florales, en dos cultivares de duraznero con diferente época de floración y en dos momentos de reposo otoño-invernal. Para ello, brindillas de duraznero cv. Aurelia y cv. *Spring Lady* fueron expuestas a temperaturas previas de aclimatación y desaclimatación, simulándose luego heladas en un congelador. En la simulación de junio, la temperatura previa de desaclimatación aumentó la temperatura letal media (TL_{50}) en ambos cultivares; es decir, la mitad de las yemas florales mostró daño a temperaturas negativas menos extremas. Sin embargo, en la simulación de

Abstract

Deciduous fruit trees have a winter rest period that allows them to tolerate extreme low temperatures with minimal activity, minimizing organs damage. During this period, changes occur within the plant depending on environmental factors, mainly air temperature, which affect changes in susceptibility to freezing damage. The aim of this work was to assess the effect of temperatures previous to subzero values occurrence on freeze resistance of bud flowers, in two peach cultivars with different flowering date, in two moments of winter rest. For it, stems of peach cv. Aurelia and cv. *Spring Lady* were exposed to previous acclimation and de-acclimation temperatures, and later simulating frosts in a freezer. On June simulation, previous de-acclimation temperature increases average lethal temperature (LT_{50}) on both cultivars; namely, half of bud flowers showed damage at less extreme negative temperatures. Nevertheless, on July frost simulation only this response was observed in cv. *Spring Lady*, which was still at rest. In this cultivar, de-acclimation was higher than re-acclimation, after one day at temperature level opposite to the initial.

helada de julio sólo se observó esta respuesta en el cv. *Spring Lady*, que aún se encontraba en reposo. En este cultivar, la desaclimatación fue mayor que la reaclimatación, luego de un día al nivel de temperatura opuesto al inicial. Las temperaturas previas a la ocurrencia de heladas modificaron la resistencia de las yemas florales de duraznero, variando el efecto con el cultivar considerado y el momento dentro del reposo invernal.

Palabras clave

Cambio climático, dormancia, helada, reposo invernal.

Keywords

Climate change, dormancy, frost, winter rest.

Introducción

Los árboles frutales caducifolios poseen un periodo de reposo durante el invierno denominado dormición, que les permite tolerar temperaturas bajas extremas con un mínimo de actividad, minimizando también el daño a sus órganos. Durante este periodo ocurren modificaciones bioquímicas y morfológicas dentro de la planta en función de los factores ambientales, principalmente la temperatura del aire, lo cual repercute en cambios en la susceptibilidad al daño por congelación. Según Rowland *et al.* (2005), la respuesta de desaclimatación de las yemas debería considerarse en los programas de mejoramiento orientados a aumentar la supervivencia invernal y primaveral, además de la resistencia de las yemas en pleno invierno.

Para salir del reposo, las yemas deben primero estar expuestas a temperaturas bajas, periodo considerado de acumulación de frío; luego deben estar expuestas a temperaturas moderadas, siendo este periodo de acumulación de calor. Estas dos etapas diferenciadas son conocidas como endodormancia y ecodormancia, respectivamente (Lang *et al.*, 1987). En plantas perennes leñosas, las temperaturas cálidas tienen en general una baja capacidad de inducir desaclimatación por debajo de un nivel mínimo de resistencia, hasta que la endodormancia esté completa (Kalberer *et al.*, 2006). Luego de cumplirse los requerimientos de frío, aumentos sustanciales en la temperatura pueden disminuir directamente la resistencia al frío en unos pocos días, estando la desaclimatación regulada principalmente por la temperatura (Saxe *et al.*, 2001). Al final del invierno, luego de periodos cálidos se han registrado graves daños por heladas en plantas leñosas (Pukacki y Kamińska-Rożek, 2013).

Existe controversia en cuanto a los efectos probables del calentamiento global en la ocurrencia de daños por heladas (Chaar, 2013). Según Pagter *et al.* (2011), el calentamiento global puede aumentar el riesgo de daño por heladas en las plantas. Hänninen

(1991) menciona que el aumento de temperatura previsto para el siglo veintiuno, podría conducir a un aumento del daño por heladas en los tejidos vegetales, debido a la aceleración del desarrollo fenológico y a la desaclimatación primaveral. Bélanger *et al.* (2001) mencionan que a pesar de que el cambio climático afectará positivamente a los cultivos frutales, la ocurrencia de accidentes climáticos probablemente será más frecuente. Según Arora y Rowland (2011), la aclimatación y la desaclimatación poseen una importancia crítica para la supervivencia invernal, debido a la ocurrencia de eventos climáticos extremos y fuera de temporada, en un contexto de cambio climático. Aun dentro del periodo de reposo invernal, temperaturas bajas extremas podrían dañar los órganos reproductivos (yemas florales), disminuyendo de esta forma el número potencial de puntos de fructificación. Por lo tanto, aunque actualmente tales temperaturas extremas no ocurren a nivel local, es necesario obtener información para predecir el comportamiento de los materiales genéticos actualmente disponibles en Mendoza, Argentina, ante un posible nuevo escenario global.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las temperaturas previas a la ocurrencia de valores bajo cero sobre la resistencia a la congelación de yemas florales, en dos cultivares de duraznero de diferente época de floración y en dos momentos del reposo otoño-invernal.

Materiales y métodos

Material experimental y sitio

Para los ensayos experimentales se utilizaron ramos del año (brindillas) provenientes de plantas adultas de una colección de cultivares de duraznero para consumo en fresco, ubicada en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Junín, provincia de Mendoza (33° 6' 57.5" Sur; 68° 29' 4" Oeste; 653 msnm). La fecha media de la primera helada meteorológica (0 °C) es el 24 de mayo, y agronómica (3 °C) el 30 de abril. La fecha media de la última helada meteorológica es el 6 de septiembre, y agronómica el 2 de octubre (Oficina de Riesgo Agropecuario, 2018). Los cultivares evaluados fueron "Aurelia", de floración temprana, y "Spring Lady" de floración media para la especie.

Temperaturas previas en cámara de aclimatación

En la figura 1, se resumen los tratamientos de temperaturas a las cuales fueron sometidas las brindillas de duraznero, previamente a la simulación de helada. En cada tratamiento se utilizaron cuatro repeticiones (brindillas con más de 10 yemas florales cada una).

Fecha 1

El 19 de junio de 2014 se colocaron las brindillas en frascos de vidrio de 500 ml con agua en la base, los cuales se mantuvieron en cámara a temperatura constante, por un periodo de cinco días consecutivos. Los niveles de temperatura de cada cámara fueron:

T1: 6 °C (aclimatación)

T2: 20 °C (desaclimatación)

Fecha 2

El 24 de julio de 2014 el cv. Aurelia se encontraba con la mayor parte de sus yemas florales en el estado fenológico de corola visible (D) y el cv. *Spring Lady* en yema en reposo (A), según Baggiolini (1952). Se repitió el método utilizado en la fecha 1, agregando las combinaciones de temperatura T3 y T4:

T1: 6 °C

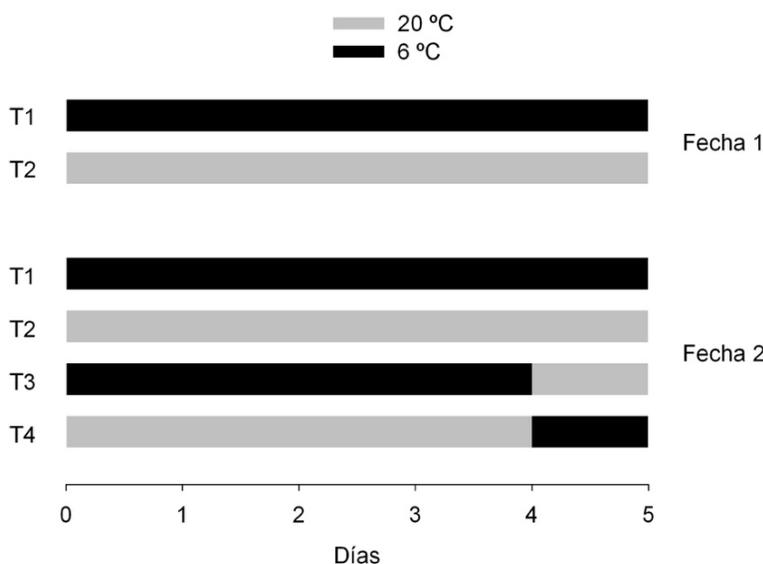
T2: 20 °C

T3: 4 días a 6 °C y 1 día a 20 °C (periodo corto de desaclimatación)

T4: 4 días a 20 °C y 1 día a 6 °C (desaclimatación / reaclimatación)

Figura 1

Esquema de las temperaturas a las cuales fueron expuestas las brindillas de duraznero, previamente a la simulación de helada.



T1: 6 °C; T2: 20 °C; T3: 4 días a 6 °C y 1 día a 20 °C (periodo corto de desaclimatación); T4: 4 días a 20 °C y 1 día a 6 °C (desaclimatación / reaclimatación).

Simulación de heladas en congelador

Luego de los periodos en cámara a temperatura controlada, se sometieron las brindillas a descensos térmicos artificiales en un congelador (marca NEBA) con un controlador de temperatura (marca AKO), simulando la ocurrencia de heladas a campo. Se incorporó un ventilador al interior del congelador, para evitar la estratificación del aire y lograr así la homogeneización de la temperatura en su volumen. Se redujo la temperatura a una tasa de 4 °C / h, retirando los distintos tratamientos de frío al llegar a la temperatura del tratamiento (-3.8, -10.7 y -17.2 °C). Se utilizó como testigo para cada cultivar una

muestra a temperatura ambiente, de cuatro ramos con al menos 10 yemas florales cada uno. La temperatura del aire en el congelador se registró durante los experimentos con un sensor marca HOBO modelo U12, con un intervalo de dos segundos entre mediciones.

Luego de los tratamientos de frío, las brindillas se mantuvieron durante 16 horas a temperatura ambiente de laboratorio, con agua en la base de los frascos, para evitar su deshidratación. Para la determinación del daño por frío, se observaron los gineceos mediante lupa estereoscópica marca “Zeiss” modelo “Stemi DV4” (32 x), clasificándose como dañados aquellos tejidos de coloración marrón (Buyukyilmaz y Kester, 1976; Szalay *et al.*, 2010). La temperatura letal media (TL_{50}) se determinó gráficamente, a partir de proyección vertical de la intersección entre la curva de daño según temperatura y la línea horizontal correspondiente a la proporción de gineceos dañados de 0.5.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, siendo los tratamientos la combinación de cultivar (*Aurelia* y *Spring Lady*) por el nivel de temperatura previa, con cuatro repeticiones (brindillas) por tratamiento.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa InfoStat/Profesional (InfoStat, 2006).

Resultados

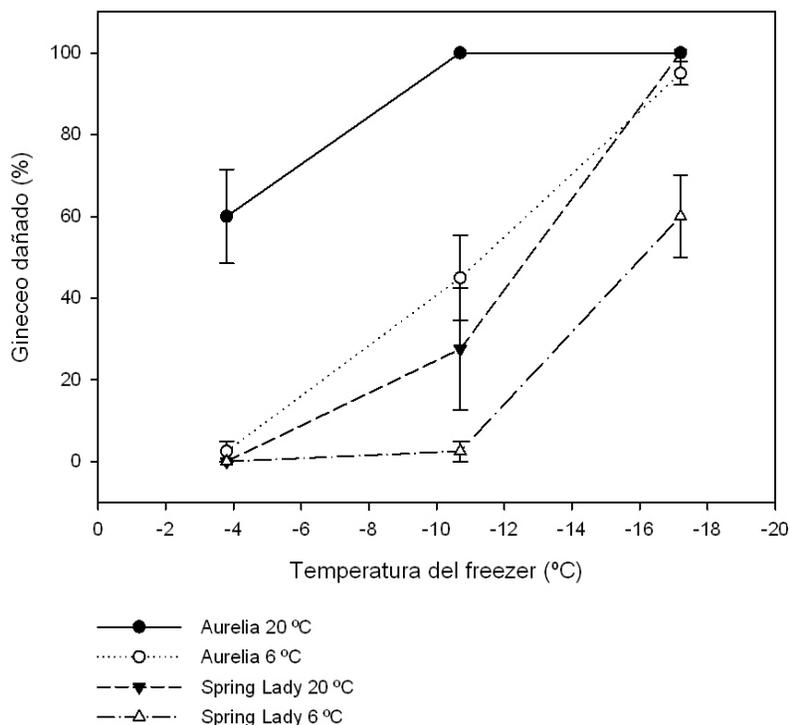
Fecha 1

En ambos cultivares, la temperatura previa elevada aceleró la desaclimatación de las yemas florales, aumentando el daño a las temperaturas bajo cero estudiadas (figura 2). La temperatura previa de desaclimatación aumentó la TL_{50} , es decir, la mitad de las yemas florales mostró daño a temperaturas negativas menos extremas (cuadro 1).

A su vez, las yemas del cultivar *Aurelia* fueron dañadas en mayor proporción que las del cultivar *Spring Lady*.

Figura 2

Porcentaje medio de gineceos dañados en yemas florales de dos cultivares de duraznero, según temperaturas previas a la simulación de helada (fecha de recolección de brindillas: 19-6-2014).



Cuadro 1

Temperatura letal media de yemas florales de duraznero, según cultivar y nivel de temperaturas previas (fecha 1).

Cultivar	Nivel de temperaturas previas	TL ₅₀ (°C)
<i>Spring Lady</i>	1 (6 °C)	-16.1
	2 (20 °C)	-12.7
Aurelia	1 (6 °C)	-11.4
	2 (20 °C)	> -4.0

TL₅₀: temperatura letal media.

Fecha 2

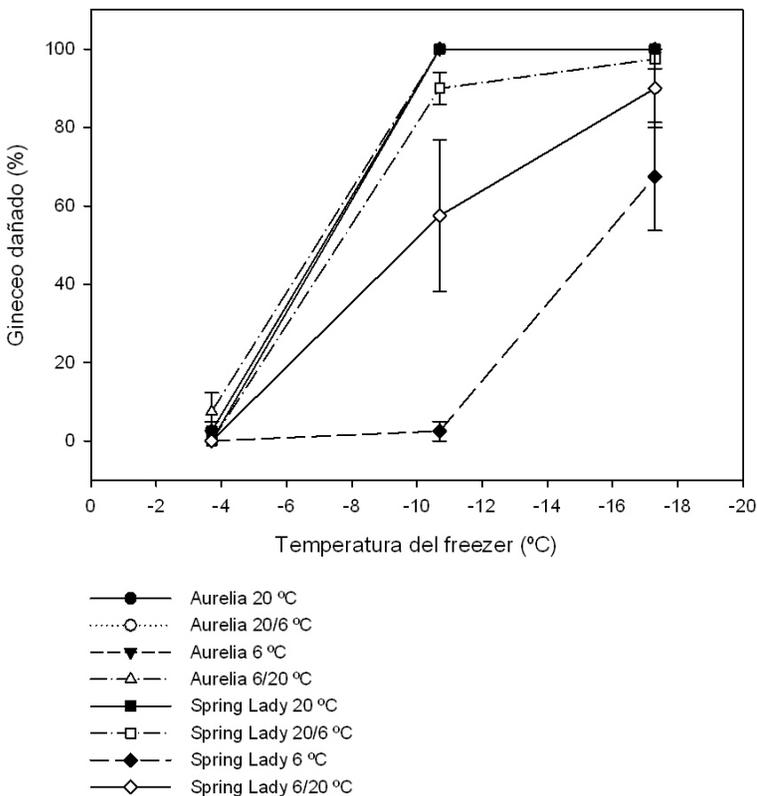
Luego del paso por la cámara, las yemas del cv. Aurelia de T2 y T4 se encontraban en el estado fenológico de flor abierta (F), indicando que cuatro días a 20 °C son suficientes para el desarrollo de la yema floral observado.

Si bien no hubo diferencias en el porcentaje de daño de las yemas florales de Aurelia entre tratamientos T1 y T2, en *Spring Lady*, el daño de las yemas florales aclimatadas durante cinco días fue marcadamente menor (figura 3).

La desaclimatación de *Spring Lady* ($TL_{50} = -15.5$ °C en T1 vs. -9.8 °C en T3; pérdida de un 36.8 % de resistencia) fue mayor que la reaclimatación ($TL_{50} = -7.1$ °C en T2 vs. -7.6 °C en T4; aumento de un 7.0 % en la resistencia), luego de un día al nivel de temperatura opuesto al inicial (cuadro 2).

Figura 3

Porcentaje medio de gineceos dañados en yemas florales de dos cultivares de duraznero, según temperaturas previas a la simulación de helada (fecha de recolección de brindillas: 24-7-2014).



Cuadro 2

Temperatura letal media de yemas florales de duraznero, según cultivar y nivel de temperaturas previas (fecha 2).

Cultivar	Nivel de temperaturas previas	TL ₅₀ (°C)
<i>Spring Lady</i>	1 (6 °C)	-15.5
	2 (20 °C)	-7.1
	3 (6/20 °C)	-9.8
	4 (20/6 °C)	-7.6
Aurelia	1 (6 °C)	-7.1
	2 (20 °C)	-7.2
	3 (6/20 °C)	-6.9
	4 (20/6 °C)	-7.1

TL₅₀: temperatura letal media.

Discusión

En la fecha 1, el mayor daño observado en las yemas florales del cv. Aurelia evidencia su desarrollo más avanzado en comparación con las yemas florales del cv. *Spring Lady*. El cv. Aurelia posee un requerimiento para salir de la endodormancia de apenas 118 unidades de frío (Navarro, 2016), por lo cual un periodo de temperaturas elevadas puede iniciar el desarrollo de la floración, acompañado esto por una drástica disminución de la resistencia de los órganos reproductivos. En el cv. *Spring Lady* el requerimiento de frío es mayor, siendo necesario cubrir 294 unidades de frío (Navarro, 2016) para el desencadenamiento de la floración por temperaturas elevadas. De manera similar, Rowland *et al.* (2005) encontraron en arándano (*Vaccinium spp.*) una fuerte correlación entre la resistencia al frío de las yemas y el estado fenológico.

En la fecha 2, la mayor desaclimatación observada en el cv. *Spring Lady* en relación a la reaclimatación, concuerda con lo mencionado por Aniško *et al.* (1994), a partir de la determinación de la temperatura mínima de supervivencia de *Liquidambar styraciflua* (L.) para tres inviernos consecutivos, donde pudieron observar cómo la resistencia de la misma planta puede variar entre años, siendo la fase de desaclimatación más variable que la de aclimatación. Gonzalez-Antivilo *et al.* (2017) observaron en vid (*Vitis vinifera* L.) que la elevada amplitud térmica diaria está parcialmente involucrada en la desaclimatación, lo cual provoca daño por frío en la base del tronco. También en vid, Rubio *et al.* (2016) mencionan una disminución en la resistencia al frío en yemas en reposo invernal expuestas previamente a 14 °C, en comparación con las expuestas a 5 °C. Según Pukacki y Kamińska-Rożek (2013), las diferencias genéticas entre poblaciones de píceas de Noruega (*Picea abies* L.) afectaron al sistema antioxidante con menos fuerza que las condiciones climáticas cambiantes del sitio de cultivo. Poirier *et al.* (2010) observaron en nogal (*Juglans regia* L.) que la resistencia al frío de tallos de un año dependió de

la historia climática de los árboles, correlacionándose la TL_{50} con el promedio de temperaturas mínimas diarias de los últimos 15 días. Al respecto, Coleman (1992) menciona que para manzanos (*Malus domestica* Borkh.) en Canadá la temperatura mínima no fue la variable principal en controlar el daño invernal de brotes; la variable climática más importante fue la temperatura máxima del aire en febrero (invierno en el hemisferio norte).

El cv. Aurelia, de bajo requerimiento de frío y floración temprana, sólo respondió a las temperaturas previas en la primera fecha de experimentación, disminuyendo su daño por congelación en yemas florales luego de cinco días a baja temperatura constante. En la segunda fecha de experimentación (24 de julio) ya poseía sus yemas florales en estado D, siendo nulo el efecto de la baja temperatura en la aclimatación previa a la helada. Por el contrario, el cv. *Spring Lady* mostró aclimatación en ambas fechas, caracterizándose por una floración mucho más tardía que el cv. Aurelia.

En la fecha 2 sus yemas florales aún estaban en estado de reposo (A). Por lo tanto, la respuesta de las yemas florales de duraznero a las temperaturas previas a la ocurrencia de heladas invernales, en cuanto a su resistencia a la congelación, es variable según los requerimientos térmicos otoño-invernales de los cultivares, los cuales determinan el estado de dormición de sus yemas florales en determinado momento del reposo. El comportamiento del cv. *Spring Lady* concuerda con lo observado por Erez *et al.* (1998) en duraznero cv. Winblo, donde la temperatura elevada tuvo un efecto de forzado, liberando agua en las yemas que se encontraban en endodormancia. Aún en endodormancia, temperaturas cálidas previamente a la ocurrencia de heladas pueden aumentar la susceptibilidad al daño por congelación. Según Ferguson *et al.* (2011), temperaturas otoñales más cálidas pueden asociarse con una lenta aclimatación al frío, y periodos cálidos fuera de temporada se asocian con la pérdida de resistencia al frío. Esto puede predisponer a las plantas al posterior daño por frío, especialmente si los episodios cálidos son seguidos por frío extremo.

Conclusiones

Las temperaturas previas a la ocurrencia de heladas modificaron la resistencia de las yemas florales de duraznero, variando el efecto con el cultivar considerado y el momento dentro del reposo invernal.

Sugerencias

Se propone que se realicen estudios complementarios que permitan predecir con mayor precisión los daños causados por las bajas temperaturas invernales en los cultivos frutales, anticipándose así a escenarios futuros de inviernos con periodos más cálidos.

Agradecimientos

El presente estudio fue financiado por el Proyecto CIAC-940142, en el marco del Convenio INTA-AUDEAS-CONADEV.

Literatura citada

- Aniško, T.; Lindstrom, O. M. and Hoogenboom, G. (1994). Development of a cold hardiness model for deciduous woody plants. *Physiol. Plant* 91: 375-382.
- Arora, R. and Rowland, L. J. (2011). Physiological research on winter-hardiness: deacclimation resistance, reacclimation ability, photoprotection strategies, and a cold acclimation protocol design. *HortSci.* 46(8): 1070-1078.
- Baggiolini, M. (1952). Stade repères du pecher. *Revue Romande d'Agriculture, Viticulture et Arboriculture* 4: 29.
- Bélanger, G.; Rochette, P.; Bootsma, A.; Castonguay, Y. and Mongrain, D. (2001). Impact of climate change on risk of winter damage to agricultural perennial plants. *Climate Change Action Fund*, Final Report.
- Buyukyilmaz, M. and Kester, D. E. (1976). Comparative hardiness of flower buds and blossoms of some almond genotypes in relation to time of bloom and leafing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(4): 344-347.
- Chaar, J. E. (2013). Resistencia a heladas en plantas frutales. *AIA.* 17(3): 109-121.
- Coleman, W. K. (1992). A proposed winter-injury classification for apple trees on the northern fringe of commercial production. *Can. J. Plant Sci.* 72: 507-516.
- Erez, A.; Faust, M. and Line, M. J. (1998). Changes in water status in peach buds on induction, development and release from dormancy. *Sci. Hort.* 73: 111-123.
- Ferguson, J. C.; Tarara, J. M.; Mills, L. J.; Grove G. G. and Keller, M. (2011). Dynamic thermal time model of cold hardiness for dormant grapevine buds. *Ann. Bot.* 107: 389-396.
- Gonzalez-Antivilo, F.; Paz, R. C.; Keller, M.; Borgo, R.; Tognetti, J. and Roig-Juñent, F. (2017). Macro- and microclimate conditions may alter grapevine deacclimation: variation in thermal amplitude in two contrasting wine regions from North and South America. *Int. J. Biometeorol* 61: 2033-2045.
- Hänninen, H. (1991). Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant Cell Environ* 14: 449-454.
- InfoStat. (2006). *InfoStat*. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Kalberer, S. R.; Wisniewski, M. and Arora, R. (2006). Deacclimation and reacclimation of cold-hardy plants: current understanding and emerging concepts. *Plant Sci.* 171: 3-16.
- Lang, G. A.; Early, J. D.; Martin, G. C. and Darrell, R. L. (1987). Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortSci.* 22: 371-377.
- Navarro, R. (2016). Determinación de requerimientos térmicos y métodos para identificar el momento de salida de endodormancia en diferentes cultivares de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch] y ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.). Informe de Beca. Proyecto CIAC 940142.
- Oficina de Riesgo Agropecuario (2018). *Estadísticas meteorológicas decadales*. http://www.ora.gov.ar/eval_decadial.php (Consultada el 11 de agosto de 2018).
- Pagter, M.; Hausman, J. F. and Arora, R. (2011). Deacclimation kinetics and carbohydrate changes in stem tissues of *Hydrangea* in response to an experimental warm spell. *Plant Sci.* 180: 140-148.
- Poirier, M.; Lacoite, A. and Améglio, T. (2010). A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. *Tree Physiol.* 30: 1555-1569.
- Pukacki, P. M. and Kami ska-Ro ek, E. (2013). Reactive species, antioxidants and cold tolerance during deacclimation of *Picea abies* populations. *Acta Physiol. Plant* 35(1): 129-138.
- Rowland, L. J.; Ogden, E. L.; Ehlenfeldt, M. K. and Vinyard, B. (2005). Cold hardiness, deacclimation kinetics, and bud development among 12 diverse blueberry genotypes under field conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(4): 508-514.
- Rubio, S.; Dantas, D.; Bressan-Smith, R. and Pérez, F. J. (2016). Relationship between endodormancy and cold hardiness in grapevine buds. *J. Plant Growth Regul.* 35: 266-275.

- Saxe, H.; Cannell, M. G. R.; Johnsen, Ø.; Ryan, M. G. and Vourlitis, G. (2001). Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytol.* 149:369-400.
- Szalay, L.; Timon, B.; Németh, S.; Papp, J. and Tóth, M. (2010). Hardening and dehardening of peach flower buds. *HortSci.* 45(5): 761-765.

Recibido: 09 de enero de 2018

Envío arbitraje: 11 de enero de 2018

Dictamen: 10 de agosto de 2018

Aceptado: 17 de agosto de 2018



Nombre: *Duraznero*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Tinta azul
Medidas: 8.5 cm x 11.7 cm