

Nota Técnica

Cuantificación del riesgo de daños ocasionados por heladas tardías en Rafaela (Santa Fe, Argentina)

García María Soledad¹, Leva Perla¹, Maio Silvina, Tófoli Guillermo, Gariglio Norberto

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNL. Esperanza, 3080 Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: msgarcia@fca.unl.edu.ar

Recibido: 18/11/13 Aceptado: 10/9/14

Resumen

En la región centro de la provincia de Santa Fe, Argentina, se cultivan frutales de bajos requerimientos de frío. Una de las principales limitantes que afectan la producción de duraznero y otros frutales caducifolios es la ocurrencia de temperaturas mínimas críticas durante la floración y cuajado de frutos. La probabilidad de ocurrencia de daños por esta causa se evaluó mediante el índice de peligrosidad de heladas (IPH) el cual tiene en cuenta la fenología del cultivo y la probabilidad de ocurrencia de temperaturas críticas durante los distintos subperíodos del ciclo. En la localidad de Rafaela para el período 1970-2006, el valor de IPH obtenido fue de 71 %. Considerando la fenología de los durazneros cv. Flordaking, el riesgo de daño medio fue de un año en 1,4 (riesgo moderado). Estos resultados indican la conveniencia de usar medidas de protección contra heladas tardías.

Palabras clave: frutales caducifolios, índice agroclimático, heladas primaverales

Summary

Quantification of the Risk of Damage by Late Frosts in Rafaela (Santa Fe, Argentina)

Low-chilling requirements fruit trees are grown in the central area of Santa Fe province, in Argentina. Late frost occurrence during flowering and fruit set is one of the main constraints affecting peach and other deciduous fruit trees production. The probability of frost damage occurrence was quantified by the frost risk agroclimatic index (RAI) which takes into account the tree phenology and the probability of critical temperatures occurrence during different phenological stages. In the region of Rafaela, for the period 1970-2006, the RAI reached a medium value of 71 %. Considering the phenology of peach trees cv. 'Flordaking' the risk of frost damage occurrence was 1:1.4 years (moderate risk). These results indicate the suitability of using protective measures against late frosts.

Keywords: deciduous fruit trees, agroclimatic index, spring frost

Introducción

Las zonas de producción de frutales criófilos en el mundo se han desarrollado en regiones con un mínimo de acumulación de frío de 500 horas. Sin embargo, desde los últimos 100 años, se ha trabajado en el mejoramiento genético de frutales de bajos requerimientos de frío (Byrne, 2005).

Este mejoramiento genético ha permitido ampliar las áreas de cultivo de frutales de hoja caduca a zonas más cálidas (Carter, 2007; Andersen y Crocker, 2000). En la Argentina,

las especies con menores requerimientos en frío encuentran condiciones favorables de cultivo en localizaciones más septentrionales (Pascale y Damario, 2004). Sin embargo, la precocidad en el despertar vegetativo manifestada por estos cultivares de menor crioxigencia no es acompañada por un aumento de resistencia a heladas, por lo que el riesgo de experimentar daño por temperaturas bajo cero tiende a incrementarse (Pascale *et al.*, 2001).

En la provincia de Santa Fe, la disponibilidad de frío aumenta desde 300 horas en el norte santafesino hasta más de 700 horas de frío en el sur de la provincia (Figura 1).

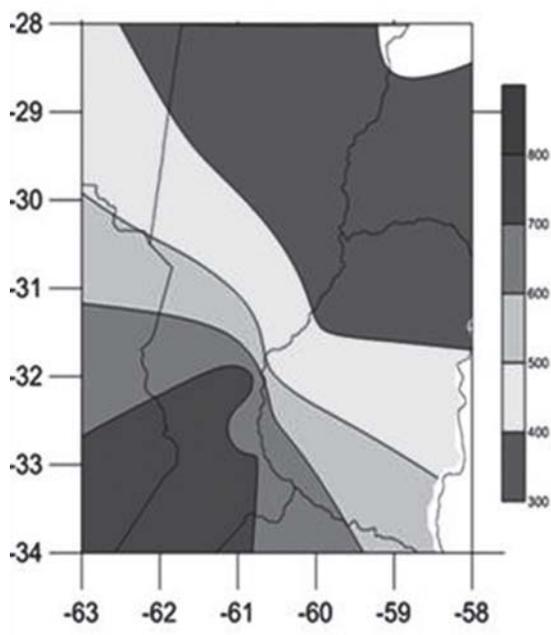


Figura 1. Horas de frío del período mayo a septiembre para la provincia de Santa Fe (García, 2012).

Trabajos realizados en la región centro de la provincia sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo de diferentes cultivares de durazno de bajos requerimientos (Gariglio *et al.*, 1999, 2001, 2003, 2006, 2009) han demostrado que las variedades implantadas presentan una floración muy temprana (principios de julio a principios de agos-

to). Teniendo en cuenta que las fechas medias de primera y última helada en la región son el 9 de junio y 2 de septiembre, respectivamente (García *et al.*, 2008), la probabilidad de que en estos cultivares se produzcan daños por temperaturas congelantes es elevada.

Por lo mencionado anteriormente resulta muy útil encontrar la manera de relacionar en forma cuantificada las fases fenológicas de los cultivos con el régimen agroclimático de heladas. Burgos (1963) propuso el índice criokindinoscópico (ICK) de las primeras y últimas heladas que evalúa agroclimáticamente el riesgo de heladas a nivel regional. Por su parte, Pascale y Damario (1958, 2004) propusieron el índice agroclimático de peligrosidad de heladas (IPH) mediante el cual es posible determinar el peligro de heladas para un lugar y un cultivo determinado considerando las temperaturas mínimas perjudiciales para los momentos previos a la floración y fructificación.

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar para la localidad de Rafaela el riesgo de daño por heladas tardías en el cultivo del duraznero mediante la utilización del índice de peligrosidad de heladas.

Materiales y métodos

El riesgo de daños por helada para la localidad de Rafaela (31° 11' S; 61° 33' W) provincia de Santa Fe (Figura 2), se estimó aplicando el índice de peligrosidad de heladas (IPH) (Pascale y Damario, 2004).

El IPH se fundamenta en la relación entre las fases fenológicas del cultivo, los niveles térmicos críticos en cada subperíodo y el régimen climático de ocurrencia de estos niveles en el lugar de producción.

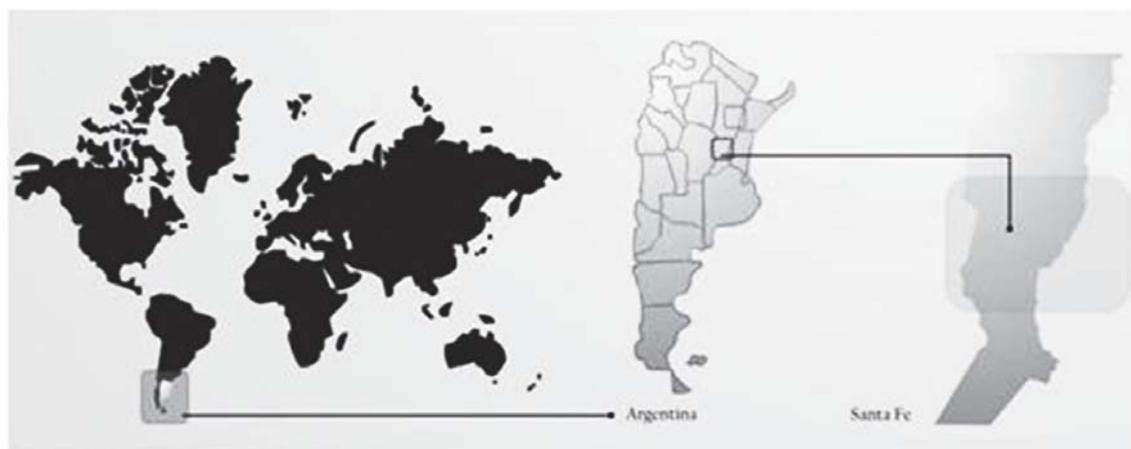


Figura 2. Ubicación geográfica de la la región central de la provincia de Santa Fe (Argentina).

Para definir los subperíodos críticos y su duración, se utilizó la información fenológica de 10 años (2000-2010) de durazneros (*Prunus persica* L. Batsch) implantados en el campo experimental de Cultivos Intensivos y Forestales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, ubicado a 6 km de la localidad de Esperanza (31°25' S, 60°56' W). La escala para registrar las fases fenológicas fue la BBCH (Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry) para frutales de carozo (Meiers *et al.*, 1994) y los valores de temperaturas mínimas críticas utilizados fueron los establecidos por Young (1947) referidos a registros bajo abrigo meteorológico y para duraciones de heladas de media hora (Cuadro 1).

En la región centro de la provincia de Santa Fe, las fechas medias de floración de cultivares de durazno de bajos requerimientos de frío, varían entre el 7 de julio +/- dos días (cv. San Pedro 1633) y el 28 de agosto (cv. Marfim). Para estimar el IPH en el área de estudio, se adoptó la fecha media de floración del cultivar Flordaking (4 de agosto +/- dos días).

Para calcular la probabilidad de ocurrencia de las temperaturas mínimas iguales o inferiores a cada nivel crítico se utilizaron las temperaturas mínimas diarias del período

1970-2006, correspondientes a la Estación Experimental Agropecuaria (INTA) Rafaela.

El análisis estadístico consistió en el cómputo de las probabilidades de ocurrencia de los niveles de temperaturas mínimas críticas para los momentos fenológicos indicados en el Cuadro 1.

Para la confección de las curvas, se extrajeron anualmente las fechas de última ocurrencia de cada nivel térmico y se trazaron las curvas calculando la fecha media y la desviación típica de cada nivel. Las cifras de probabilidad fueron corregidas teniendo en cuenta que en Rafaela ciertos niveles no se producen en la totalidad de los años de registro.

El IPH se obtuvo calculando la probabilidad de ocurrencia de las temperaturas mínimas iguales o inferiores a cada nivel crítico en la fecha inicial y final de la parte del proceso que es afectada por cada nivel térmico. Con la suma de las probabilidades parciales se obtuvo el IPH correspondiente, estimando el riesgo probable de años con daño por helada en frutales criófilos.

Por otro lado existe una escala de calidad de riesgo que estima la posible frecuencia de situaciones de pérdida de producción (Damario *et al.*, 2006). Esta escala (Cuadro 2) fue diseñada para el cultivo de cerezo pero se puede utilizar como una aproximación en otros cultivos.

Cuadro 1. Temperaturas mínimas críticas y duración en días de las distintas fases fenológicas del cultivo de duraznero (*Prunus persica* L. Batch) utilizadas en el cálculo del IPH en la localidad de Rafaela.

	YH ¹	CF ¹	PF ¹	CjF ¹
Especie	5,0	6,0	6,5	6,9
Temperaturas críticas (°C)	-3,9	-3,9	-2,8	-1,1
Duraznero Duración etapa (días)	13	12	19	7

¹YH (50) = Yemas hinchada; CF (60) = Comienzo de floración; PF (65) = Plenitud de floración; CjF (69) = Cuajado de frutos.

Cuadro 2. Escala de valores o índices de IPH y calidad del riesgo de pérdidas de producción por heladas.

IPH	Calidad de riesgo	Intensidad de pérdidas (sin protección)				
		Total		Parcial		
		Frecuencia en años	Uso de protección	Frecuencia en años	% de pérdidas	Uso de protección
0-25	mínimo	1 cada 20	ocasional	1 cada 6	0-10	innecesario
26-50	reducido	1 cada 10	conveniente	1 cada 4	11-20	posible
51-75	moderado	1 cada 5	necesario	1 cada 2	21-30	conveniente
76-100	severo	1 cada 3	imprescindible	todos	31-50	necesario
>100	máximo	Todos los años	antieconómico	todos	>50	obligatorio

Resultados y discusión

En la localidad de Rafaela existe probabilidad de ocurrencia de daño por helada en los tres subperíodos analizados (Cuadro 3 y Figura 3).

Del 10 de julio hasta el 4 de agosto (subperíodo YH-PF), las temperaturas perjudiciales que tienen influencia son las temperaturas mínimas de -3,9 °C o inferiores. Las probabilidades de ocurrencia del mencionado nivel al comienzo y al final del subperíodo son de 41 % y 21 %, respectivamente (Cuadro 3, Figura 3). En PF, el nivel crítico desciende a -2,8 °C, y la posible ocurrencia de temperaturas inferiores a -3,9 °C con posterioridad a esa fecha queda incluida dentro del nuevo nivel, y resultó ser del 20 % (41-21 %).

A partir del 4 de agosto, el umbral de daño de temperaturas mínimas se redujo a -2,8 °C, ya que las plantas alcanzaron el estado de plena floración, período que se extendió hasta el 23 de agosto. Como en el caso anterior, para estimar el porcentaje de años con daño por helada en este subperíodo, fue necesario descontar el porcentaje corres-

pondiente a la parte de la curva que quedó incluida en el nivel térmico siguiente (-1,1 °C) siendo la probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas iguales o inferiores a -2,2 °C de un 22 % (40-18 %).

Después del 23 de agosto las plantas alcanzaron el período de cuajado de frutos, el más sensible a los daños por bajas temperaturas, por lo que el umbral de daño se redujo a -1,1 °C. La probabilidad de ocurrencia del mencionado nivel crítico fue de 29 %. Sumando los tres valores parciales, el porcentaje de años con daño por heladas en Rafaela para durazneros con plena floración el 4 de agosto es de 71 %. Esto significa que uno de cada 1,4 años es estadísticamente probable que se produzcan daños por temperaturas mínimas en duraznero con plena floración el 4 de agosto.

A pesar de que por sí solo el valor del IPH predice la magnitud del riesgo, resulta conveniente calificarlo y jerarquizar las características de los daños en relación con las pérdidas en la producción (Damario *et al.*, 2006). La graduación en la severidad del riesgo puede asociarse al uso

Cuadro 3. Probabilidad parcial de daño y temperaturas críticas para los subperíodo del cultivo de durazno en Rafaela.

	Temperaturas críticas (°C)	Probabilidades parciales (%)
CjF (6,9)	-1,1°C	29
PF (6,5)	-2,8°C	22
YH-PF (5,0-6,0)	-3,9°C	20
IPH (%)		71

YH (50) = Yemas cerradas; CF (60) = Comienzo de floración; PF (65) = Plenitud de floración; CjF (69) = Cuajado de frutos.

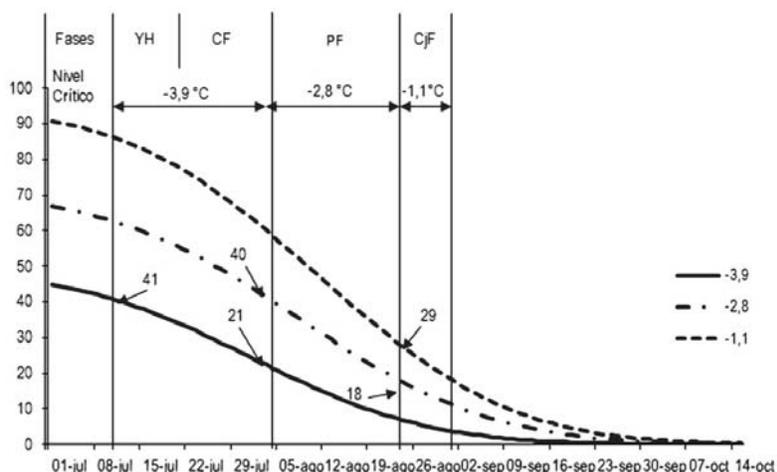


Figura 3. Representación gráfica de la evolución del cómputo de IPH de acuerdo a la fenología del cultivo de duraznero, cv. Flordaking en la localidad de Rafaela (Santa Fe, Argentina).

Cuadro 4. Índice de peligrosidad de heladas para cultivares implantados en Rafaela.

Cultivar	-3,9°C	-2,8°C	-1,1°C	IPH
San Pedro (7/7)	3	17	64	84
Early grande (16/7)	6	27	47	80
Tropic Snow (21/7)	11	27	42	80
Flordaking (4/8)	20	22	29	71

de métodos de protección contra heladas, los cuales se consideran innecesarios cuando el riesgo es poco importante. Según la escala propuesta por los autores, el riesgo para Rafaela es moderado (IPH: 51-75), siendo necesario el uso de protección para una intensidad de pérdida total, y conveniente cuando el porcentaje de pérdida está comprendido entre un 21 y un 30 %.

En el Cuadro 4 se presentan los valores del IPH para otros cultivares implantados en la región. Para cultivares cuya floración se presenta 30 días antes del 4 de agosto, el riesgo de años con daño aumenta de 1:1,4 a 1:1,2 y disminuye a 1:14 cuando la floración se da 35 días después de la fecha de floración del cultivar Flordaking.

Por lo tanto en aquellos cultivares con IPH elevados (floración temprana) es necesario considerar el costo suplementario de medidas de protección si se quiere obtener producciones regulares.

Por otro lado es interesante señalar que, por el régimen de las temperaturas mínimas en el área de estudio, el mayor riesgo de incidencia de las heladas se produce por la ocurrencia de los valores de -1,1 °C (29 %).

Conclusiones

El índice de peligrosidad de heladas permite estimar la probabilidad de años en que pueden ocurrir daños por heladas en frutales caducifolios.

En Rafaela, considerando la fecha media de floración de Flordaking, el riesgo de daño medio fue de 71 %. Este valor hace que se requieran medidas de protección ya que las pérdidas ocasionadas por las heladas que se producen en la localidad de Rafaela pueden producir mermas de rendimiento de 20-30 %.

Bibliografía

- Andersen P, Crocker T. 2000. Low chill Apple cultivars for north and north central Florida. University of Florida. 8p. (HS ; 764) 9p. Consultado 31 octubre 2014. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS76400.pdf>.
- Burgos JJ. 1963. Las heladas en Argentina. Buenos Aires : INTA. 388p.
- Byrne DH. 2005. Trends and progress of low chill stone fruit breeding. En: George A, Boonprkoh U. [Eds]. Production technologies for low-chill temperate fruits : Reports from the Second International Workshop, 19-23 April 2004, Chiang Mai, Thailand. Canberra : Australian Centre of International Agricultural Research. (ACIAR Technical Reports ; 61). pp. 5-12.
- Carter K. 2007. Low Chill Apples [En línea]. University of California Cooperative Extension. 3p. Consultado 31 octubre 2014. Disponible en: <http://ucanr.org/sites/urbanhort/files/80158.pdf>.
- Damario EA, Pascale AJ, Tortorolo K. 2006. Evaluación agroclimática del riesgo de daños por helada en las regiones de cultivo de cerezo en la Argentina. *Revista Facultad de Agronomía UBA*, 26(3): 233-249.
- García MS, Leva PE, Valtorta SE. 2008. Caracterización del régimen agroclimático de heladas para la provincia de Santa Fe durante el período 1979-2004. *Revista Facultad de Agronomía UBA*, 28(1): 53-62.
- Gariglio N, Mendow M, Weber M, Favaro MA, González-Rossia D, Pilatti RA. 2009. Phenology and reproductive traits of peaches and nectarines in central-east Argentina. *Revista Scientia Agrícola*, 66(6): 757-763.
- Gariglio NF, González Rossia DE, Mendow M, Reig C, Agustí M. 2006. Effect of artificial chilling on the depth of endodormancy and leaf and flower budbreak of peach and nectarine cultivars using excised shoots. *Scientia Horticulturae*, 108: 371-377.
- Gariglio NF, Castillo A, Alos E, Juan M, Almela V, Agustí M. 2003. The influences of environmental factors on the development of purple spot of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl). *Scientia Horticulturae*, 98: 17-23.
- Gariglio NF, Zanuttini AM, Buyatti M, Chiarello A, Re L, Ponso S. 2001. Comportamiento del duraznero en la región centro-este de la provincia de Santa Fe. *Horticultura Argentina*, 20(48): 101.
- Gariglio NF, Baldi B, Enrique A. 1999. Comportamiento del duraznero en la región central de Santa Fe. En: VII Jornadas de Jóvenes Investigadores do Grupo Montevideo. Ciência para a Paz. Libro de resúmenes. p. 21.
- Meiers U, Graf H, Hack M, Hess M, Kennel W, Klose R, Mappes D, Seipg D, Stauss J, Streif J, Van Der Boom T. 1994. Phänologi, die Entwicklungsstadien des Kernobster (*Malus domestica* Borkh. and *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannis beere (*Ribes*-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 46: 141-153.
- Pascale AJ, Damario EA. 2004. Bioclimatología agrícola y Agrometeorología. Buenos Aires : Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 550p.
- Pascale A, Damario E. 1958. Fecha de floración en frutales y probabilidad de años con daño por heladas. En: I Congreso Frutícola Argentino. Buenos Aires : Facultad de Agronomía UBA. 22p.
- Pascale AJ, Damario EA, Hurtado R. 2001. Frío invernal disponible para especies criófilas en el noroeste de la Argentina. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 1(2):13-21.
- Young FD. 1947. Frost and the prevention of frost damage. Washington : U.S. Dept. of Agriculture. 66p. (Farmers Bulletin; 1588).