

Artigo

Carlos A. Vilatte · Benigno Ruiz Nogueira

Régimen y riesgo agroclimático de heladas en Lugo, provincia de Lugo, Galicia, España

Recibido: 3 Diciembre 2007 / Aceptado: 12 Febrero 2008
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2008

Resumen El objetivo de este trabajo fue conocer el régimen y riesgo agroclimático de heladas, por su época de ocurrencia y tipo genético, analizar su peligrosidad sobre los cultivos, y observar la tendencia en el período libre de heladas en los últimos 10 años (1996-2005), respecto del período 1975-1995, en Lugo. Se dispuso de un registro histórico de temperaturas mínimas, medidas en el abrigo meteorológico, de treinta y un años para la localidad de Lugo, Provincia de Lugo (lat.: 43° 03' N; long.: 7° 30' O y alt.: 480 m). Los resultados mostraron una mayor frecuencia de heladas primaverales (marzo, abril y mayo) que otoñales (octubre y noviembre). El escaso período libre de heladas, en la zona, puede resultar un impedimento para la difusión de cultivos frutícolas de hueso, debiendo seleccionar aquellas variedades con mayor requerimiento en horas de frío.

En la región, la producción hortícola prospera favorablemente, siendo los cultivos más utilizados, Col – *Brassica oleracea* L - y nabos (nabizas y grelos) – *Brassica napus* L -, en detrimento de cultivos anuales extensivos, tanto invierno primaverales, como trigo – *Triticum aestivum* L. o *T. vulgare* L. -, cebada – *Hordeum vulgare* L.-, o estivales como maíz – *Zea mays* L. -, girasol – *Helianthus annus* L., o soja - *Glycine max* L.

Palabras clave heladas · Índice Crikindinoscópico

Abstract The aim of this paper was to find out the agro climatic frost regime and risk by means of their season of

occurrence and genetic type, to analyze his dangerousness on the cultures, and to observe the trend in the free period of frosts in the last 10 years (1996-2005) respect of the period 1975-1995, in Lugo.

A historical register of minimum temperatures measured in meteorological shelter throughout 31 years in the district of Lugo, province of Lugo (lat.: 43° 03' N; long.: 7° 30' W and alt.: 480 m above sea level) was consulted. The results showed a greater frequency of spring frosts (March, April and May) than that of autumn ones (October and November). The short frost-free season may be an impediment in the propagation of fruit crops in the area, mainly those which require fewer hours of cold.

Key words frosts · cryokindynoscopic index

Introducción

Las heladas son una de las adversidades climáticas que más afectan a la producción e inciden sobre la toma de decisiones y el calendario agrícola regional, tanto en las explotaciones intensivas como en las extensivas, principalmente si ocurren en épocas en que los cultivos se encuentran en fases críticas de crecimiento o desarrollo. Por esto resulta de fundamental importancia el conocimiento de la frecuencia, estacionalidad, intensidad y origen o génesis de las heladas, debido a que se carece de esta información en la zona de estudio. Esto permite implementar métodos de prevención de sus daños, a través de la incorporación de cultivares mejor adaptados a las condiciones climáticas locales, como así también la aplicación de estrategias de manejo, que determinen una correcta planificación de las fechas de siembra, tanto de los cultivos característicos de la zona, como de otros que pudieran ser introducidos en esta.

Existen numerosos trabajos donde se ha caracterizado las heladas con datos puntuales en determinados lugares, como por ejemplo: Fernandez Long *et al.* (2001), Monterubbianesi y Cendoya (2001), Vilatte *et al.* (2002).

Carlos A. Vilatte
Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Agronomía de Azul,
UNCPBA, CC: 47, 7300, Azul, Buenos Aires, Argentina.
e-mail: cvilatte@faa.unicen.edu.ar

Benigno Ruiz Nogueira
Departamento de Producción Vexetal-EPS-USC, España

En su génesis y desde el punto de vista meteorológico, las heladas ocurren cuando el punto de rocío del aire alcanza valores de 0° C o el vapor de agua pasa directamente al estado sólido, formando cristales de hielo (helada blanca). En casos en los que este descenso térmico hasta los 0° C ocurra en presencia de aire seco, y si el punto de rocío se logra a una temperatura inferior a 0° C, este fenómeno no se ve acompañado por la formación de hielo, dando lugar a una helada negra, con mayores riesgos para los cultivos. Las heladas negras presentan consecuencias más graves para los cultivos, debido a la falta de aislamiento que acompaña la formación de cristales de hielo y la liberación de energía producto del cambio de estado del agua, de gaseoso a líquido y de líquido a sólido.

Por otro lado, las heladas pueden clasificarse en advectivas, cuando las temperaturas bajan debido al desplazamiento de masas de aire polar, y de irradiación, cuando ocurren en presencia de anticiclones, en noches sin viento, en que el balance de radiación es negativo.

Clima y geomorfología

La situación geográfica de Galicia, con una latitud media de 42° 48' N, con un largo perímetro costero, con amplias rías abiertas al Océano Atlántico y al Mar Cantábrico y la suavidad del relieve orográfico no representan un impedimento para la circulación de los vientos preponderantes del sector Oeste y Norte, que le imprimen una fuerte influencia marítima.

La provincia de Lugo se encuentra inmersa en un sistema de sierras, con una altitud media de 450 m.

La localidad de Lugo (Lat. 43° 04' N, long. 7° 30' O y alt. 480 m), presenta un clima templado oceánico, del tipo Csb (Köppen, 1931), característico de la región centro-este de Galicia, con un régimen de lluvias elevado en el período invernal y un fuerte descenso de las precipitaciones en la temporada estival. Si bien las sequías, y luego las heladas constituyen los fenómenos agrometeorológicos que más limitan la producción agropecuaria, esta zona presenta un déficit hídrico anual modesto que no supera los 90 mm, según Carballeira (1983), por lo que las heladas representan el mayor factor limitante en el normal desarrollo y crecimiento de los cultivos. Es importante destacar que el alejamiento del litoral y la altitud media de la zona generan una mayor amplitud térmica estacional y diurna, respecto de las áreas costeras occidentales, lo que reduce sensiblemente el período libre de heladas.

La temperatura media anual es de 11,7 °C, siendo de 18,6 °C la del mes más cálido y 5,6 °C la del mes más frío, según datos obtenidos de la Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela, para el período 1975-2005.

El objetivo de este trabajo es realizar una caracterización del régimen y riesgo agroclimático de heladas, en relación a su época de ocurrencia y tipo genético, analizar su peligrosidad sobre los cultivos, y observar la tendencia en el período libre de heladas de los últimos 10 años (1996-2005), respecto del período 1975-1995, en Lugo.

Materiales y métodos

Para el estudio del régimen de heladas se dispuso de un registro histórico (1975-2005) de temperaturas de la estación Lugo, perteneciente a la Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela (lat.: 43° 04' N; long.: 7° 30' O y alt.: 480 m).

Se utilizaron los valores diarios de temperatura mínima, máxima del aire y punto de rocío tomadas en abrigo meteorológico a 1,5 m sobre el suelo.

La caracterización de las heladas se realizó mediante el cómputo de las variables siguientes: Fecha media de primera helada u otoñal y última helada o primaveral, fecha extrema de primera y última helada, período medio con y sin heladas, período extremo con y sin heladas, intensidad, frecuencia mensual de heladas meteorológicas, porcentaje de heladas blancas y negras, e índices de peligrosidad de heladas o índice Crikindinoscópico (I.C.K.). En el cómputo de las heladas meteorológicas, se consideró como heladas negras a aquellas donde el descenso térmico alcanzó valores de 0 °C o menores y el punto de rocío se logró a una temperatura igual o inferior a 0 °C.

El I.C.K. de primeras o últimas heladas fue definido por Burgos (1963) como la temperatura media del aire en la fecha que corresponde a una misma probabilidad de helada. Esta probabilidad incluye en sí la magnitud de la dispersión para una mejor determinación del riesgo, eligiendo un 20 % como valor aceptable. Así, por I.C.K. de últimas heladas se considera a la temperatura normal del aire en la fecha después de la cual es probable que ocurran heladas en 1 de cada 5 años. De igual forma, el I.C.K. de primeras heladas será la temperatura normal del aire en la fecha antes de la cual es probable que ocurran heladas 1 de cada 5 años.

Para fijar un criterio de peligrosidad para los I.C.K. de heladas o fríos invernales, incorporó diferentes modalidades de resistencias según especies vegetales, combinando la intensidad de los fríos invernales con su probabilidad. Para las especies perennes consideró la temperatura mínima anual que cabe esperar con una probabilidad del 5%, pudiendo fijar una probabilidad menor para especies forestales o frutales muy longevas, mientras que para las especies anuales, cuya implantación es menos costosa, propuso una probabilidad del 20%.

Para el cálculo de los I.C.K. las fechas se transformaron en días julianos y se determinó su probabilidad de ocurrencia.

En el análisis estadístico de los datos se asumió la normalidad de su distribución, debido a que en los parámetros que definen la asimetría se encontró una diferencia de un solo día entre el promedio y la mediana, tanto en las últimas heladas como en las primeras heladas, aceptándose diferencias de 4 días (Burgos, 1963). Como prueba de ajuste, se aplicó la relación de significancia de la asimetría (Brooks y Carruthers, 1953), que resulta cuando:

$$Y/E. S. > 1,96$$

donde: Y (relación de asimetría) = μ_3 / s^3 , que representa el cociente entre momento de tercer orden y el cubo de la

desviación estándar de la serie; y E.S., el error estándar. Los valores obtenidos fueron 5,97 para las heladas primaverales y de 4,03 para las otoñales, muy superior al límite crítico, no confirmando una asimetría significativa con una seguridad del 95%, como también sobre 2,575, que resultaría de aplicar una significancia del 99%.

Resultados y discusión

Analizando los resultados (Tabla 2), los bajos valores de desviación estándar encontrados, 14,5 y 16,7 para las primeras y últimas heladas, respectivamente, muestran la existencia de una elevada variación diaria en la curva anual ascendente y descendente de la temperatura (tensión térmica), que le imprimen un aspecto de continentalidad a un clima eminentemente oceánico, pero influenciado por la altura sobre el nivel del mar.

La intensidad media de las primeras y últimas heladas arroja un valor similar, $-1,3^{\circ}\text{C}$ y $-1,1^{\circ}\text{C}$, con desvíos estándar de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ y $\pm 1,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, temperaturas que pueden ser toleradas por diversos frutales, considerando la baja probabilidad de ocurrencia de heladas negras en los meses de noviembre (16,3%) y abril (10,4%). No obstante, las heladas tardías representan el mayor riesgo ya que encuentran a las especies frutales de pepita y hueso, en período crítico, con una mayor sensibilidad en el inicio de formación del fruto. En la Tabla 1 se presenta la tolerancia media para algunas especies, según distintos estadios de desarrollo, obtenidos en la Estación Central de Bioclimatología de I.N.R.A, Francia (Coutanceau, 1965). Estas temperaturas, registradas en el abrigo meteorológico, podrían afectar la floración de cultivos anuales invierno-primaverales, como trigo (*T. aestivum* L. y *T. vulgare* L.), avena (*Avena sativa* L.), etc., que toleran procesos de enfriamiento de entre -1 y -2°C (Ventskevich, 1961), pero observando que los órganos reproductivos se encuentran a una altura inferior a la registrada en la casilla meteorológica, los valores térmicos resultan menores. Cabe destacar, que en trigo, por ejemplo, la viabilidad del polen se reduce aún con temperaturas entre 1 y 3°C sobre cero (Qien *et al.* 1986). Estos valores límites críticos son relativos, debido a que las condiciones acompañantes a la baja térmica son variables (provisión hídrica, duración del fenómeno, secuencia de días sucesivos con o sin heladas, etc.). En cultivos anuales estivales esta diferencia de temperatura es aun mayor, debido a que los órganos sensibles (hojas y ápice de crecimiento) se sitúan a pocos centímetros del suelo, al encontrarse en un período vegetativo inicial. En la

Tabla 3 se muestra las temperaturas críticas para distintos cultivos y diferencias de temperatura entre el abrigo meteorológico y temperatura de hoja (Sentelhas *et al.*, 1995^a). Si bien este último trabajo fue realizado en una región de clima diferente (San Pablo, Brasil), la relación entre temperaturas de abrigo y temperatura de hoja, realizado en San Pablo, Brasil; no difieren de las encontradas entre abrigo y 5 cm. , encontradas por Aguas *et al.* (2000) para Azul, Pcia. de Buenos Aires, Argentina, de clima templado, de influencia oceánica, semejante a la región de estudio.

El período medio libre de heladas (206 días) presenta algunas limitantes para el normal desarrollo de diversos cultivos anuales y perennes. Los ICK de primeras y últimas heladas, presentan valores, de $10,8^{\circ}\text{C}$ y $11,3^{\circ}\text{C}$ respectivamente, implicando un riesgo de heladas moderado sobre cultivos anuales y perennes que se encuentran en proceso reproductivo, cuando aún existe un 20% de probabilidad de ocurrencia de heladas. Un valor de $11,3^{\circ}\text{C}$, como temperatura media del aire, genera condiciones favorables para el desarrollo en la mayor parte de los cultivos microtérmicos, que comprende a los cultivos anuales invernales, fisiológicamente C3, como trigo – *T. aestivum* L. o *T. vulgare* L. -, cebada – *H. vulgare* L. -, etc., con rango térmico óptimo de 10 a 20°C y mínima de crecimiento de alrededor de 5°C ; y el nacimiento de estivales mesotérmicos, como maíz – *Zea mays* L. -, girasol – *Helianthus annuus* L. -, etc., con mínimo de crecimiento alrededor de los 10°C , y rango térmico óptimo entre los 20 y 25°C (Pascale y Damario, 2004). También se vería afectada la emergencia de cultivos estivales megatérmicos, como soja – *G. max* L. y sorgo – *Sorghum spp.* -, entre otros, con rango térmico óptimo entre los 25 y 30°C , y mínima de crecimiento de 15°C (Pascale y Damario, 2004), teniendo en cuenta que la temperatura máxima media para ese día (3 de mayo) es de $16,6^{\circ}\text{C}$. Por lo expuesto se debería procurar que la floración de los cultivos invernales y la emergencia de los estivales mencionados, no ocurran antes de esa fecha. Los cultivos estivales megatérmicos también podrían presentar limitantes respecto de las temperaturas óptimas de crecimiento, debido a que la temperatura máxima media del mes más cálido, en Lugo, es de $24,1^{\circ}\text{C}$, inferior al rango térmico óptimo, prolongando el ciclo ontogénico de los cultivos, por lo que, en algunos cultivares podría ser afectada la fructificación por las heladas tempranas.

En cuanto a la producción hortícola, no presenta los mismos riesgos que los cultivos mencionados anteriormente, debido a que no se cultivan por sus frutos, sino por otros órganos

Frutal	Botón cerrado coloreado	Plena floración	Pequeños frutos verdes
Manzano	$-3,9 / -4,9^{\circ}\text{C}$	$-2,2 / -3,2^{\circ}\text{C}$	$-1,7 / -2,7^{\circ}\text{C}$
Melocotón	$-3,9 / -4,9^{\circ}\text{C}$	$-2,8 / -3,8^{\circ}\text{C}$	$-1,1 / -2,1^{\circ}\text{C}$
Cerezo	$-2,2 / -3,2^{\circ}\text{C}$	$-2,2 / -3,2^{\circ}\text{C}$	$-1,1 / -2,1^{\circ}\text{C}$
Peral	$-3,9 / -4,9^{\circ}\text{C}$	$-2,2 / -3,2^{\circ}\text{C}$	$-1,1 / -2,1^{\circ}\text{C}$
Ciruelo	$-3,9 / -4,9^{\circ}\text{C}$	$-2,2 / -3,2^{\circ}\text{C}$	$-1,1 / -2,1^{\circ}\text{C}$
Albaricoque	$-3,9 / -4,9^{\circ}\text{C}$	$-2,2 / -3,2^{\circ}\text{C}$	$-0,6 / -1,6^{\circ}\text{C}$

Tabla 1.- Tolerancia media a bajas temperaturas para algunas especies de carozo y pepita, en estadios críticos de desarrollo. Estación Central de Bioclimatología de I.N.R.A, Francia (Coutanceau, 1965)

Fecha media de primera helada:	11 de noviembre (± 14.5)
Fecha media de última helada:	19 de abril (± 16.7 días)
Fecha extrema de primera helada:	19 de octubre
Fecha extrema de última helada:	19 de mayo
Período medio con heladas:	159 días (± 20 días)
Período medio sin heladas:	206 días (± 20 días)
Período extremo sin heladas:	153 días
Período extremo con heladas:	212 días
Intensidad media de primera helada:	-1,3 °C (± 1 °C)
Intensidad media de última helada:	-1,1 °C ($\pm 1,1$ °C)
Mínima absoluta media:	-6,6 °C ($\pm 2,1$ °C)
Índices de peligrosidad de heladas:	
- I.C.K de primera helada:	10,8 °C
- I.C.K de última helada:	11,3 °C
I.C.K de heladas invernales:	
- Cultivos anuales:	-8,4 °C
- Cultivos perennes:	-10,2 °C

Tabla 2.- Resultados del análisis de la serie de datos obtenida en abrigo meteorológico, incluyendo la desviación estándar para los valores medios

(hojas, raíces, bulbos, etc), por lo que no necesitan completar su ciclo ontogénico, tal es el caso de coles – *B. oleracea* L -, nabos (nabizas y grelos) – *B. napus* L -, patatas – *Solanum tuberosum* L.-, etc.

Los ICK invernales, presentaron valores de -8,4 °C y -10,2 °C, para cultivos anuales y perennes, respectivamente, temperaturas que pueden ser soportadas por los cultivos en ese período del año, por lo que no representan un riesgo agroclimático.

Los últimos 10 años (1996-2005), respecto del período 1975-1995, se registró un período medio libre de heladas más prolongado, exhibiendo un retraso de 4 días en la fecha media de la primera helada y adelanto de 7 días en la fecha media de la última helada, alargando el mismo a 214 días. Este aumento de 11 días en el período libre de heladas no resultó diferente con una confianza del 95%, no obstante, resulta una tendencia favorable, generando una menor peligrosidad de las heladas tempranas y tardías. Las heladas tempranas afectan la emergencia de cultivos anuales estivales y la floración de cultivos anuales invierno-primaverales, como así también la floración de perennes (frutales). Las tardías, en cambio, representan un menor riesgo puesto que afectan la maduración de frutos y yemas de madera de frutales y forestales de hoja caduca, debido a que estos pueden soportar temperaturas más bajas.

La frecuencia media anual fue de 41 heladas. Como se puede observar en la Figura 1, de los 31 años que componen la serie, 16 resultaron con frecuencias mayores a la media, de los cuales el 56% se observaron en la segunda década, desde 1985 a 1993, ocurridos en nueve años consecutivos, con un número de heladas que superó a la media en diez días, dando un promedio de 51 heladas. Para la primera y última década este valor se redujo a 35 y 39 heladas, respectivamente. Esta alternancia en los períodos decenales en el número de heladas, no permite

establecer una tendencia y no guarda relación con lo encontrado por otros autores, como Vincent y Mekis (2004), que informaron una reducción en el número de heladas en las últimas 5 décadas, Salinger y Griffiths (2001) en Nueva Zelanda y Bonsal *et al.* (2001) en el oeste de Canadá, donde registran una disminución significativa en la cantidad de eventos para los últimos 20 años y 50 años respectivamente.

La Figura 2 muestra que si bien existe una simetría en la distribución de las heladas en el transcurso del año, se aprecia una mayor frecuencia y un período más extenso de estos eventos en primavera (marzo, abril y mayo) en contraste con los otoñales (octubre y noviembre). Esto se debe a la influencia marítima que da lugar a un período otoñal más cálido, donde la curva de la variación anual de la temperatura en el sector descendente presenta valores mayores que la ascendente. Esta característica ha sido observada en otra región que presenta clima con carácter oceánico (Vilatte *et al.*, 2002).

En la Figura 3 se puede observar la proporción de heladas blancas y negras, concentrándose estas últimas en los

Resistencia	Cultivo	Hoja	Abrigo
Alta	Girasol	-5	-1
Media	Soja	-3	1
Baja	Maíz	-2	2
	Sorgo	-2	2

Tabla 3.- Resistencia a bajas temperaturas y temperaturas letales (°C), para diferentes cultivos anuales estivales, en proceso de germinación, tomadas en abrigo meteorológico y hoja, (Extractado de Sentelhas *et al.*, 1995^a)

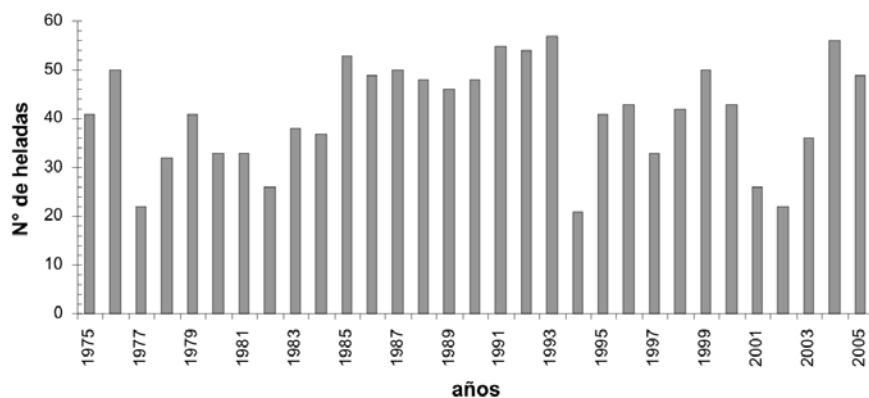


Figura 1.- Frecuencia anual de heladas de la serie 1975-2005

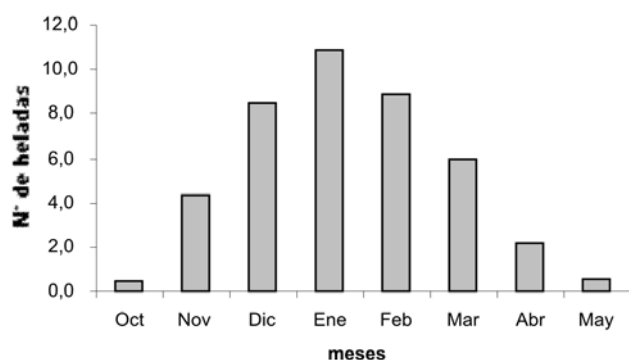


Figura 2.- Frecuencia media mensual de heladas meteorológicas en el período octubre-mayo de la serie 1975-2005

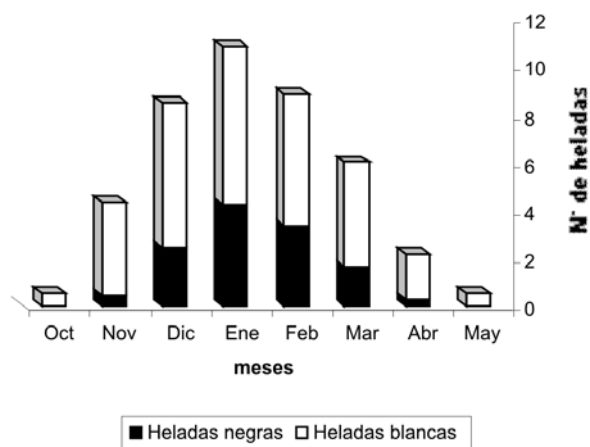


Figura 3.- Frecuencia anual de heladas de la serie 1975-2005

meses más fríos del período con heladas, llegando al 39 y 38%, en enero y febrero respectivamente, producto probablemente de una mayor frecuencia de procesos advectivos de dirección norte, con masas de aire polar, frecuentes en esta época del año.

El período libre de heladas, en la zona, puede resultar escaso para la difusión de cultivos frutícolas de hueso, como melocotón – *Prunus persica* (L) Batsch, nectarina -

Prunus persica (L) B. Var nectarina, ciruelo japonés – *Prunus salicina*, L., ciruelo europeo - *Prunus domestica*, L., entre otros, debido a que las heladas en períodos críticos como floración y cuajado de frutos deciden la producción de los árboles frutales de hoja caduca (Vilatte, *et al*, 2004), mientras que podrían cultivarse frutales de pepita, como manzano – *Malus domestica* Borkh, peral – *Pyrus communis* y membrillero - *Cydonia maliformis*, debiendo seleccionar aquellas variedades con mayor requerimiento en horas de frío. Esto último, tiene el propósito de retrasar la fecha de floración y cuajado de frutos, con la idea de escapar a las heladas tempranas, donde la ocurrencia del proceso reproductivo es dependiente de la cantidad de horas de frío y no del calor posterior al receso (Pascale y Riggiero, 1963; Powel y Huang, 1982; Reginato, 1987), también Tabuenca y Herrero (1966), trabajando con frutales de carozo y pepita, encontraron un mayor coeficiente de correlación entre la fecha de floración plena de una especie y la temperatura, cuando cubiertos los requerimientos de horas de frío, es considerada la temperatura máxima media.

El productor gallego se inclinó por la producción hortícola, como Col – *B. oleracea* L. - y nabos (nabizas y grelos) – *B. napus* L. -, que prosperan favorablemente y presentan un menor riesgo ante las heladas, en detrimento de cultivos anuales extensivos, tanto invierno primaverales, como trigo – *T. aestivum* L. o *T. vulgare* L. -, cebada – *H. vulgare* L.-, o estivales como maíz – *Z. mays* L. -, girasol – *H. annus* L.-, o soja – *G. max* L.-. Estos últimos plantean además, observando el período libre de heladas disponible y la temperatura media del mes más cálido, una restricción en la elección de cultivares, debiendo seleccionar aquellos genotipos, que completen el período de cultivo entre emergencia y madurez fisiológica en 160 a 170 días, teniendo en cuenta que la temperatura y el fotoperíodo son los principales reguladores del desarrollo de estos cultivos, determinando, por un lado, cuanto durará cada una de las fases fenológicas, proponiendo un límite a muchos de los procesos de las plantas (Andrade y Sadras, 2000).

Conclusiones

Se observa un período libre de heladas suficientemente amplio como para permitir la producción de cultivos anuales, invierno primaverales y estivales, pero se encontró algunas limitantes que condiciona las fechas de siembra y elección

de cultivares, de acuerdo al análisis del ICK y a la longitud del período libre de heladas.

En las producciones frutícolas, podría optarse por aquellas especies y variedades con altos requerimientos en horas de frío, que permitan atrasar el proceso reproductivo y reducir los daños provocados por las heladas primaverales.

En los últimos 10 años se observa un aumento de 11 días en el período libre de heladas, que si bien no resultó estadísticamente significativo, con una confianza del 95%, representa una tendencia favorable, con menor peligrosidad para los cultivos.

Bibliografía

- Aguas, L.; Vilatte C. y Navarro Dujmovich M. (2000). Modelo de temperaturas mínimas en Azul (Prov. de Bs. As.). VIII Reunión Argentina de Agrometeorología. Mendoza, Argentina.
- Andrade, F.A. y Sadras, V.O. (2000). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA, Buenos Aires. 443 p.
- Bonsal, B.R., Zhang, X., Vincent, L.A. and Hogg, W.D. (2001). Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada. *Journal of Climate*, 14, 1959-1976.
- Brooks, C.E. y Carruthers, N. (1953). *Handbook of statistical methods in Meteorology*. M. O. 538 H. M. Stationary Office, London, 413 p.
- Burgos, J.J. (1963). Heladas en la Argentina. Colección Científica de INTA, Buenos Aires. 338 p.
- Carballeira, A., Devesa, C., Retuerto, R., Santillán, E. y Uceda, F. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Pedro Barrié de la Maza, Conde de Fenosa. La Coruña. 391p.
- Coutanceau, M. (1965). *Fruticultura*. Ediciones de Occidente S.A. Barcelona. España. 590 pp
- Fernandez Long, M.E.; Barnatan I.; y Murphy G.M. (2001). Las heladas en la ciudad de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 1 (2): 101-106.
- Köppen, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde*, Walter de Gruyter Co, Berlin und Leipzig. 388 p.
- Monterubbiansi, M.G. y M.G. Cendoya. (2001). Caracterización de régimen de heladas meteorológicas y agrometeorológicas en Balcarce, Argentina, en el período 1970-1999. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21 (1): 69-78.
- Pascale, A.J. y Damario, E.A. (2004). *Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología*. Universidad de Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía. 550 p.
- Pascale, A.J. Y Ruggiero R.A. (1963). Exigencia en bajas temperaturas durante el período de descanso de los ciruelos cultivados en Buenos Aires. *Idia*, 184: 34-45.
- Powel, L.E. y Huang, H. (1982). The effect of heat on bud breaks in apple cultivars having different chilling requirements. 21st International Horticulture Congress. 1: 1140. Hamburgo.
- Qien, C.M., Xu Aili and Liang H.G. (1986). Effect of low temperatures and genotypes on pollen development in wheat. *Crop Science*. 26: 43-46.
- Reginato, G.H. (1987). Comportamiento de algunos métodos para cuantificar horas frío en frutales en la zona central de Chile. Tesis Ms Cs. en Producción Frutícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Chile.
- Salinger, M.J. and Griffiths, G.M. (2001). Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes. *International Journal of Climatology*. 21: 1437-1452.
- Sentelhas, P.C.; Ortolani, A.A.; Pezzopane, J.R.M. (1995^a). Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre o abrigo e a relva, em noites de geada. *Bragantia*. 54(2):437-445.
- Tabuenca, M.C. y Herrero, J. (1966). Influencia de la temperatura en la época de floración de frutales. *Anal Estación Experimental Aula Dei*. 8- (12): 115-153.
- Ventskevich, G.Z. (1961). *Agrometeorology*. Editorial National Science Foundation. Washington, DC. 300 p.
- Vilatte, C.; Aguas, L. y Navarro, M. (2002). Régimen Agroclimático de heladas en Azul, Pcia. de Buenos Aires, Argentina. *Agro-Ciencia* 18(2): 143-146.
- Vilatte, C.; Perez, A. y Nuñez, M. (2004). Influencia de las bajas temperaturas sobre la floración y cuajado de frutos de frutales de carozo en Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 3-4: 29-35.
- Vincent, L.A. and Mekis, E. (2004). Variations and trends in climate indices for Canada. 14th Conference on Applied Climatology. American Meteorology Society. Seattle.