

EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL RIESGO DE DAÑOS POR HELADA EN LAS REGIONES DE CULTIVO DE CEREZO EN LA ARGENTINA

E.A. DAMARIO; A.J. PASCALE y M. KARINA TORTEROLO*

Recibido: 09/10/06

Aceptado: 07/12/06

RESUMEN

La producción y exportación de cerezas han manifestado un considerable aumento en la última década debido a la expansión del cultivo en las tres principales zonas productoras de la Argentina: en la provincia de Mendoza, en Gaimán, (Valle Inferior del Río Chubut), y en Los Antiguos, provincia de Santa Cruz.

Una de las principales adversidades meteorológicas que afectan al cultivo, al igual que al de otros frutales caducifolios, es la ocurrencia de temperaturas mínimas críticas durante la etapa vegetativa. La probabilidad de ocurrencia de daños por esta causa, se establece mediante el IPH, índice agroclimático de peligrosidad de heladas, el cual se fundamenta en la fenología del cultivo y la probabilidad de ocurrencia de temperaturas críticas durante o distintos subperíodos del ciclo vegetativo. Para un nivel de riesgo del 90%, el área cerecera mendocina con un IPH=14 es prácticamente libre de daños por heladas, mientras que en Gaimán y Los Antiguos, los IPH de 66 y 82, respectivamente, indican desde medianas a severas disminuciones de las producciones anuales.

Palabras clave. Evaluación agroclimática, riesgo de daños por helada, regiones de cultivo de cerezo, Índice de Peligrosidad de Heladas (IPH).

ASSESSMENT AGROCLIMATIC FROST RISK IN CHERRY FRUIT CULTURE REGIONS OF ARGENTINA

SUMMARY

Argentine cherry production and export sales have increases during the past ten years due to an expanding culture in the three main producing regions: the province of Mendoza, Gaimán (lower valley of the Chubut river) and Los Antiguos in Santa Cruz province.

One of the main meteorological risks affecting the cherry culture, is the occurrence of damaging minimum temperatures during cherry tree growth. The probability of damage is established using an agroclimatic frost risk index (IPH) based on tree phenology and the probability of occurrence of damaging minimum temperatures during the different tree growth stages. Using a 90% probability level, the Mendoza region shows a IPH=14, indicating minimal risk of damage, while in Gaiman and Los Antiguos, the IPH is 66 and 82, respectively, indicating a moderate to severe risk of damage of frost.

Key words. Agroclimatic assessment, frost risk damages, cherry fruit tree regions, Agroclimatic Frost Risk Index (IPH).

INTRODUCCIÓN

El cultivo del cerezo (*Prunus cerasus* L.) en la Argentina se ha incrementado en los últimos años favorecido por el mayor consumo interno y la deman-

da creciente del mercado internacional donde goza de la ventaja de la contraestacionalidad.

La superficie del país dedicada a este cultivo supera las 2.200 hectáreas y la producción promedia

*Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía-UBA. Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires.
E-mail: pascale@agro.uba.ar.

unas 6.500 toneladas, de las cuales un 25% se exporta a países europeos, especialmente Gran Bretaña y España. En el año 2005 la exportación alcanzó la cifra récord de 3.400 toneladas (Senasa, 2005).

La casi totalidad de la producción proviene de tres regiones principales de cultivo. La provincia de Mendoza, la de cultivo más antiguo, ocupa el primer lugar con el 80% de la producción nacional (Inst. de Desarrollo Rural, 2005). Con unas 1.800 hectáreas, principalmente de la variedad Bing, el cultivo está concentrado en dos áreas: la del Norte (Luján, Maipú y Las Heras) produce cerezas tempranas que inician la exportación nacional hacia fines de octubre y la zona del Valle de Uco (San Carlos, Tunuyán y Tupungato) donde se ubica casi el 70% de la superficie mendocina cultivada con cerezo, con variedades más tardías.

Una segunda región de cultivo de cerezo es la desarrollada en el Valle Inferior del río Chubut, en el área de Gaimán; tiene cultivos más recientes comenzados a mediados de 1980 y participa con 170 hectáreas implantadas y una producción media de unas 750 toneladas, mostrando un sostenido crecimiento anual de la superficie cultivada.

A los 46°30' de latitud sur, en el margen sudoeste del lago Buenos Aires, en el valle de Los Antiguos, favorecida por la acción morigeradora térmica de esa gran masa lacustre, se desarrolla la tercera región especializada en el cultivo del cerezo, con unas 240 hectáreas implantadas. A pesar de que los rendimientos son inferiores a los de las otras regiones, se destaca la calidad de su producción, que es la última en entrar en el mercado.

Menores superficies cultivadas con cerezo existen en el Valle del Río Negro en la provincia homónima, otros lugares del sur de la Patagonia y en el sudeste de la de Buenos Aires.

Bioclimáticamente, como todos los frutales caducifolios, el cerezo es una especie criófila, con elevados requerimientos en enfriamiento durante el descanso. Según variedades, la cantidad de horas de frío ($t \leq 7^\circ\text{C}$) es de 900 (Tabuena, 1975) a 1.900 (Bargioni, 1996). Expresando el enfriamiento en unidades de frío Utah las necesidades varían de 1.100 a 1.500 (Seif y Gruppe, 1985), aunque la variedad

Bing parece satisfacerse con sólo 880 unidades (Ashcroft *et al.*, 1977). Mahmood *et al.* (2000) lograron satisfacer el requerimiento de frío de las variedades Stella, Sunburst y Summit después de mantenerlas por 1.000 a 1.200 horas a temperaturas entre 3,2°C y 3,7°C.

Estas necesidades se superan en las tres regiones argentinas de cultivo, con un promedio de 1.400 horas de frío en la región mendocina, algo más en Gaimán y más de 2.200 en el área santacruceña. En los cinco meses de mayo a septiembre, la disponibilidad en unidades de frío, es de 1.590 en Los Antiguos y de 1.980 en Mendoza.

Aunque las yemas inactivas parecen ser muy resistentes al frío (Proebsting y Mills, 1972), después de la rotura del descanso, la resistencia a temperaturas mínimas perjudiciales es menor que las del peral y del manzano.

En cada una de las tres regiones argentinas principales productoras de cerezas, las características climáticas particulares muestran diferencias en cuanto a la posibilidad de que los cultivos de esta Prunoidae puedan ser afectados por heladas -el principal factor adverso a la producción- y obligue a desarrollar sistemas de protección. En el valle chubutense se utiliza riego por aspersión en la casi totalidad de los cultivos en producción, mientras que son muy pocos los protegidos en el área de Los Antiguos. En Mendoza, esta adversidad parece no representar mayor preocupación.

El objetivo de este estudio es precisamente evaluar el riesgo agroclimático de ocurrencia de daños por helada en forma comparada entre las tres mayores regiones productoras de cerezas en la Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El riesgo de daños por helada se estimó aplicando el IPH (Pascale y Damario, 2004), índice agroclimático que permite establecer comparaciones entre regiones productoras de un cultivo dado, con relación al grado de afectación que puedan ocasionar temperaturas mínimas perjudiciales. El IPH se fundamenta en la relación entre el pro-

ceso fenológico del cultivo durante la etapa vegetativa, los niveles térmicos críticos en cada subperíodo y el régimen climático de ocurrencia de estos niveles en el lugar de producción.

Por su carácter agroclimático, debe recordarse que el IPH expresa condiciones medias y no admite su aplicación a lo que pueda suceder en años particulares. A pesar de que en su objetivo el IPH se asemeja al método desarrollado por Vallés y Cittadini (2005), difiere en cuanto a la metodología de cómputo, más sencilla y generalizadora.

El modelo original del IPH se modificó para adaptarlo a las particularidades fenológicas del cerezo, centrandolo en el análisis en la variedad Bing, que es la más informada en los aspectos fenológico y de resistencia al frío, a pesar de que se prefiera, especialmente en las regiones patagónicas, el empleo de variedades con floración más tardía, disminuyendo así el riesgo de daños por helada y, en consecuencia, reduciendo el costo cultural por el menor o innecesario uso de sistemas de protección.

En este estudio sobre cerezo se introduce la calificación de la severidad del riesgo de daño por helada atribuible al valor del IPH, según la intensidad de pérdida de producción, sea total o muy importante, o parcial y variable según los años.

Esquema fenológico

El aspecto fenológico incluido en el IPH precisa definir un esquema sobre las fases seleccionadas del ciclo y los días de duración de los respectivos subperíodos.

La información fenológica necesaria no pudo obtenerse en forma completa para todas las regiones. Para Mendoza, se obtuvieron datos anuales sobre fecha de comienzo, plenitud y fin de floración del cerezo Bing para el período 1971/87 (C. Arjona, comunicación personal) y otros algo más detallados para los años 2000, 2003 y 2004 (Inst. de Desarrollo Rural, 2004 y 2005).

Para Gaimán se dispuso de información fenológica completa, aunque con valores anuales de solamente cuatro años de registro: 1997, 1999, 2000 y 2001, insuficientes para deducir fechas medias valederas (Pérez Bruno, 1998; Pugh, 2001, 2002 y 2003).

La información fenológica muy reducida obtenida sobre el cerezo Bing en Los Antiguos sólo se refiere a la fase de floración del año 2004 (L. San Martino, comunicación personal).

La bibliografía extranjera proveyó información fenológica muy detallada y completa para el área de cultivo de

cerezo Bing en el Estado de Washington, EE.UU., la que sirvió de material de consulta para analizar la información nacional y definir las pautas a usar en el IPH, acorde con la secuencia detallada e ilustrada en Cittadini (2002) y en Manavella y Guerendiain (2003).

El proceso fenológico propuesto para cerezo (Guerendiain y Manavella, 2003) y usado en el estudio anteriormente citado (Vallés y Cittadini, 2005), considera cinco fases para el ciclo vegetativo de este frutal. La primera, estado de "yema hinchada" (YH), es la que inicia el ciclo vegetativo por el engrosamiento de las yemas florales. Este proceso, que normalmente es largo por desarrollarse bajo temperaturas reducidas, es seguido por la fase de "cáliz visible" (CaV), cuando las puntas de las yemas dejan visualizar el color de los sépalos. Posteriormente, el proceso se continúa, con la de "corola visible" (CoV), cuando la apertura apical de las yemas deja ver el color de los pétalos, la de "floración" (FL) y la de "fructificación" (FR).

La duración de cada uno de los cinco subperíodos: YH-CaV, CaV-CoV, CoV-FL, FL-FR y FR, estará condicionada a las características térmicas del lugar de cultivo. Es un hecho conocido, que los procesos fenológicos se aceleran con las temperaturas altas y que en climas templado-cálidos los ciclos vegetativos tienen menor duración. La duración de la floración se alarga en floraciones tempranas como fue demostrado para manzano en el Valle del Río Negro (Ruggiero, 1955).

En el Cuadro 1 se indican las duraciones de los subperíodos en las tres regiones de cultivo, deducidas de la información disponible, completadas con las duraciones señaladas para el cultivo de cerezo en Prosser, Estado de Washington, EE.UU. Puede apreciarse claramente como la duración de los subperíodos se alarga a medida que los niveles térmicos decaen en intensidad. Así, la floración que en Mendoza se cumple, término medio en 5/6 días, dura 8 en Gaimán, 11 en Los Antiguos (en el año informado) y 15 en la región norteamericana.

Teniendo en cuenta las características climáticas de las tres regiones, se estableció tentativamente un esquema de duración en días y fases que se indican en la Figura 1.

Por su carácter de estimación, se consideró un solo subperíodo desde Yema Hinchada a Corola Visible, quedando el esquema reducido a cuatro fases y las duraciones medias de los subperíodos y fases que se indican en la Figura 1.

Se considera que el cuajado de frutos se inicia con el final de la floración, y que la fructificación se da por terminada cuando la probabilidad de daño por helada en ese subperíodo es inferior al 5% (Pascale *et al.*, 2003).

CUADRO 1. Duración de los subperíodos del ciclo vegetativo del cerezo Bing de acuerdo a la información utilizada.

Región	Subperíodo					FR
	YH a CaV	CaV a CoV	CoV a com FL	FL		
				comienzo a plenitud	plenitud a fin	
Mendoza						
Zona norte						
Prom. 1971/87				2	4	
Año 2000			3	2	3	
Año 2003			6	3	2	
Año 2004				1	2	
Valle de Uco						
Año 2004			4	2	3	
Chubut						
Gaimán						
Medianas de 4 años	11	6	6	3	5	
Santa Cruz						
Los Antiguos						
Año 2004				4	7	
EE.UU.						
Prosser, Washington	18	9	6	5	10	

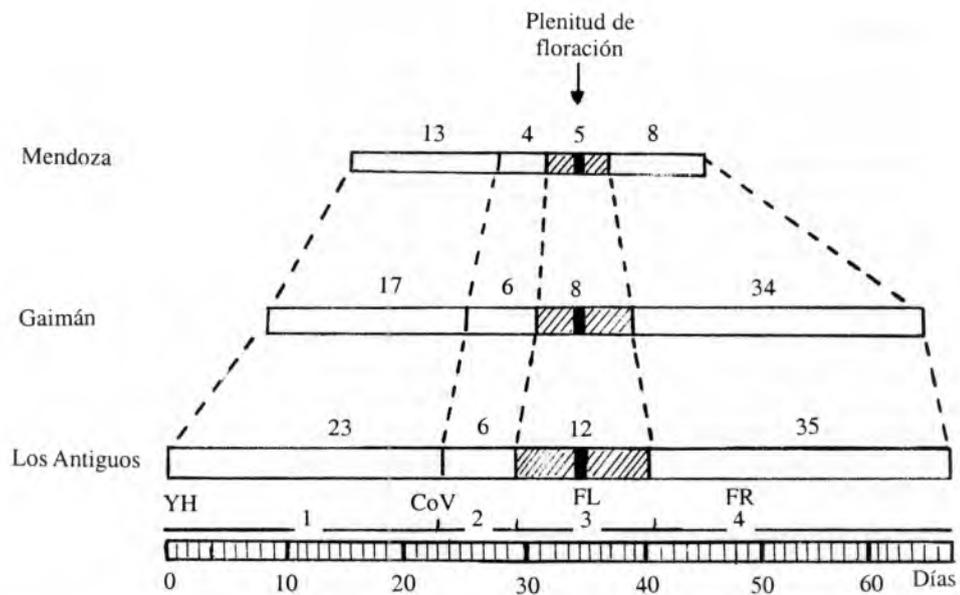


FIGURA 1. Esquema fenológico estimado para las tres regiones con la duración en días de los cuatro subperíodos considerados.

Niveles térmicos críticos

Las temperaturas mínimas críticas o niveles térmicos perjudiciales son aquellas que pueden ser resistidas sin daño por los órganos vegetales durante media hora como mínimo (Young, 1947; Proebsting y Mills, 1971).

Resulta difícil asignar una temperatura mínima crítica a cada subperíodo del proceso fenológico, porque el nivel de resistencia depende de muchos factores, algunos propios del cultivo, como variedad, estado sanitario, edad, sistema cultural, endurecimiento previo, etc., y otros, que están regulados por las condiciones meteorológicas acompañantes al descenso térmico, por la duración de la helada, por la secuencia de su ocurrencia, etc. Estas diferencias permiten explicar porque hay discrepancia, a veces marcada, entre las temperaturas críticas propuestas por diversos investigadores o porque, en estudios sobre enfriamiento artificial en laboratorio se han medido iguales niveles de daño por temperaturas tanto de -2°C como de -5°C . Vale decir, las temperaturas críticas no son ni biológica ni temporalmente constantes, por lo que la utilización de las mismas no puede aconsejarse sin algún tipo de reparo.

En el Cuadro 2 se resume los niveles de resistencia propuestos por diversos investigadores. Uno de los primeros en informar numéricamente las temperaturas críticas capaces de producir daño en yemas, flores y fruto de cerezo fue Young (1947). Estos niveles críticos, siendo los únicos disponibles, se utilizaron durante mucho tiempo en numerosos estudios. Con posterioridad aparecieron algunas ampliaciones (Roger y Smith, 1970). A pesar de que Young no relaciona las temperaturas críticas con porcentajes de daño, cita el caso de un cultivo de cerezo Bing que sufrió un 33% de daño en plena floración en una noche con una helada de $-4,3^{\circ}\text{C}$, aunque la cantidad de producción final no fue afectada. Tampoco hubo reducción en la producción de Bing después de sufrir una larga helada terminada en una mínima de $-2,8^{\circ}\text{C}$, que en el estado de yemas mostrando el color de los pétalos ocasionó un 30% de daños.

Debe recordarse que las temperaturas críticas dadas por Young se refieren a registros bajo abrigo meteorológico y para duraciones de helada de media hora. Temperaturas críticas medidas también bajo abrigo y más completas porque cubren todas las fases, fueron informadas por Lambert y Rainier (cit. por Ballard, *et al.*, 1982).

Los niveles críticos para Bing obtenidos experimentalmente (Proebsting y Mills, 1978 y Ballard *et al.*, 1982)

mediante enfriamiento artificial, que se reproducen en el cuadro, son actualmente los disponibles con mayor detalle al vincularlos con los niveles de intensidad de daño.

Por el hecho conocido de que los órganos vegetales adquieren durante la noche temperatura menor que la del aire que los envuelve (Shaw, 1954) las temperaturas del abrigo meteorológico no proveen una buena medida de la temperatura del vegetal (Noffsinger, 1961). Por este motivo, las cifras obtenidas en laboratorio deben ser corregidas para asimilarla a las observaciones del abrigo meteorológico. La temperatura del órgano vegetal durante una noche de helada se puede considerar igual a la de un termómetro expuesto al aire libre. En noches de calma, los registros de termómetros bajo el abrigo meteorológico son mayores en $1,8^{\circ}\text{C}$ en promedio (Proverbio, 1952; Damario y Pascale, 1955), con variaciones según el estado y cobertura del suelo. Considerando que las condiciones de calma no siempre se cumplen, se podría aceptar una diferencia de $1,0$ a $1,5^{\circ}\text{C}$ para corregir los valores de resistencia obtenidos en laboratorio. La particularidad de estos valores obtenidos experimentalmente, es que asignan un nivel de resistencia muy grande a las yemas durante el subperíodo de YH a CaV, con temperaturas críticas imposibles de ocurrir durante el ciclo de cultivo en alguna de las tres regiones argentinas.

Los valores usados por Vallés y Cittadini indicados en el Cuadro 2 están basados en los obtenidos por Perraudin (1965) para otras especies, y se refieren a temperaturas críticas capaces de producir un nivel de daño del 90%. La temperatura crítica de $-5,0^{\circ}\text{C}$ asignada para el subperíodo YH-CaV, indicaría un nivel de resistencia mucho menor que el señalado por enfriamiento artificial para el mismo nivel de daño. En cambio, los valores críticos dados para floración y fructificación, concuerdan aproximadamente con los experimentales corregidos según se explicó.

Por otra parte, el cómputo del IPH, solamente con una magnitud de daño del 90% no parece adecuada, o normalmente aceptable, para estimar la peligrosidad de las heladas.

Una intensidad de daños que alcance al 90% de los órganos, sean yemas, flores o frutos, se traduciría en una pérdida total o muy importante de la cosecha, mientras que una de menor intensidad, por ejemplo alrededor del 50%, pronosticaría daños menores y variables, causantes solamente de disminuciones parciales en la producción. Por tal motivo, de aquí en adelante, los niveles del daño se designarán como de "pérdida total" y de "pérdida parcial", respectivamente.

CUADRO 2. Temperaturas mínimas (°C) críticas para el cerezo Bing según las fuentes consultadas.

Datos	Nivel de daño (%)	Subperíodos				
		YH a CaV	CaV a CoV	CoV a FL	FL a FR	FR
Young (1947)	s/d	s/d	s/d	-2,2	-2,2	-1,1
Vallés y Cittadini (2005)	90	-5,0	-4,5	-3,5	-1,7	-1,7
Lambert y Rainier (1)	s/d	-5,0	-3,9	-2,2	-1,7	-1,1
Proebsting y Mills (1978)	10 50 90	-8,5	-3,2	-2,7	-2,6	-2,1
		-12,1	-4,8	-3,6	-3,3	-2,7
		-15,0	-8,0	-4,9	-4,0	-3,6
Ballard <i>et al.</i> (1982)	10	-8,3	-3,9	-2,8	-2,2	-2,2
	90	-15,0	-10,0	-4,4	-3,9	-3,9

(1) citado por Ballard *et al.* (1982)

Con fines ilustrativos, el cómputo del IPH se realizó con dos niveles de intensidad: pérdida total y las temperaturas críticas utilizadas por Vallés y Cittadini y con otro de pérdida parcial, corrigiendo ligeramente los valores experimentales dados en el Cuadro 2, desde CaV en adelante, para acercarlos a los propuestos por Young y seguidores y a los informados por Manavella y Guerendiain (2003).

Las temperaturas mínimas críticas consideradas para ambas intensidades de pérdida figuran en el Cuadro 3.

Como en el IPH se utilizan iguales niveles térmicos para las tres zonas, los resultados tienen solamente un carácter comparativo y no certifican los verdaderos niveles de pérdida posibles en cada región, los que, serían muy difíciles de evaluar correctamente, teniendo en cuenta la enorme cantidad de factores involucrados.

Probabilidad temporal de ocurrencia de los niveles críticos

La determinación de las probabilidades de ocurrencia de los diferentes niveles térmicos en una fecha determinada, se realiza en el IPH en función de las fechas medias y respectivas desviaciones típicas, presuponiendo que las series de valores básicos tienen distribución normal. Atendiendo a las modificaciones mostradas por la temperatura en los últimos años y especialmente por la temperatura mínima (Pascale y Damario, 1993/94; Pascale *et al.*, 1997), se prefirió utilizar en los cálculos solamente los datos de los últimos veinte años y no los de series más extensas que hubieran aportado valores sin significación actual ni futura.

CUADRO 3. Temperaturas mínimas críticas (°C) de subperíodos y fases para las dos intensidades de pérdida.

Intensidad de pérdida	Subperíodos		Fases	
	YH a CoV	CoV a FL	FL	FR
Total	-5,0	-3,5	-2,2	-1,7
Parcial	-3,5	-2,2	-1,7	-1,1

De las estaciones meteorológicas, Chacras de Coria (32°59' S; 68°52' W) como representativa de la región norte mendocina, y Trelew INTA (43°14' S; 65°18' W) muy cercana al área de cultivo del valle chubutense, se utilizaron las temperaturas mínimas diarias de los meses de julio a diciembre de cada año del período 1986/2005, y para Los Antiguos (46°30' S; 75°35' W) las del período 1999/2005 provistas por una estación meteorológica de registro automático (Davis Weather Monitor II).

Lamentablemente, no hay información meteorológica oficial adecuada de la región mendocina del Valle de Uco, pues la de la estación meteorológica San Carlos, no resulta representativa de las condiciones del área de cultivo.

Para calcular los valores estadísticos correspondientes a Los Antiguos, fue necesario corregir las fechas medias de última ocurrencia de los niveles térmicos obtenidos de la serie 1999/2005, para extenderla a igual período veintañal que el utilizado para las otras dos regiones, dándole así el sentido climático que es la base del IPH.

Para ello, se recurrió a la información 1986/2005 provista por la estación meteorológica Perito Moreno

(46°31' S, 71°01' W), la que aunque no reúne las condiciones geográficas de Los Antiguos, está situada a igual latitud a unos 50 kilómetros hacia el este y sometida al mismo régimen de circulación atmosférica. El análisis de la información de las temperaturas mínimas diarias de esta estación mostró que en los últimos siete años, precisamente el período de observación simultáneo con Los Antiguos, las fechas medias de ocurrencia de las últimas heladas de 0, -1, 1, -1,7 y -2,2 °C registran atrasos de entre 12 y 16 días, con relación a las correspondientes a las de la serie veintañal, atraso que no es apreciable para los niveles más intensos de -3,5, -4,5 y -5,0 °C que registran iguales fechas para ambos períodos (Cuadro 4).

Como se aprecia en el Cuadro 5, la comparación de los siete años de observaciones simultáneas en ambas localidades muestra que en Los Antiguos se registra un atraso en las fechas de los niveles poco intensos pero, por lo contrario, un sensible adelanto para las heladas intensas, lo que se explica perfectamente por la influencia térmica que ejerce la gran masa de agua del lago Buenos Aires.

CUADRO 4. Comparación de las fechas medias de últimas temperaturas mínimas de las series larga (L). (1986-2005) y corta (C). (1999-2005) de Perito Moreno.

Nivel (°C)	1986-2005 L	1999-2005 C	Δ (L-C) (días)
0	28 oct	10 nov	-13
-1,1	21 oct	03 nov	-12
-1,7	12 oct	28 oct	-16
-2,2	08 oct	20 oct	-12
-3,5	26 set	25 set	+1
-5,0	22 set	23 set	-1

CUADRO 5. Comparación de las fechas medias de últimas temperaturas mínimas del período 1999-2005 en Los Antiguos (LA) y Perito Moreno (PM).

Nivel (°C)	LA	PM	Δ (LA-PM) (días)
0	22 nov	10 nov	+12
-1,1	15 nov	03 nov	+12
-1,7	10 nov	28 oct	+13
-2,2	26 oct	20 oct	+6
-3,5	05 set	25 set	-20
-5,0	28 ago	23 set	-25

CUADRO 6. Corrección de las fechas medias de heladas de Los Antiguos del período 1999-2005 para asimilarlas a valores veinteñales.

Nivel (°C)	Fecha media 1999-2005	Corrección (días)	Fecha media corregida
0	22 nov	-13	09 nov
-1,1	15 nov	-12	03 nov
-1,7	10 nov	-16	25 oct
-2,2	26 oct	-12	14 oct
-3,5	05 set	+1	06 set
-5,0	28 ago	-1	27 ago

Las diferencias señaladas en los Cuadros 4 y 5, se usaron para normalizar climáticamente los valores realmente observados en Los Antiguos resultando los corregidos que se indican en el Cuadro 6.

El cómputo de las fechas medias de ocurrencia de las últimas temperaturas mínimas correspondientes a cada uno de los niveles térmicos establecidos y sus respectivas desviaciones típicas, se reproducen en el Cuadro 7 para las tres regiones.

Estos valores, se usaron para calcular la probabilidad de ocurrencia de la temperatura crítica de cada subperíodo, en las fechas de comienzo y fin del mismo. La diferencia entre esos dos valores constituye la probabilidad parcial y la sumatoria de todas las probabilidades parciales de los cuatro subperíodos constituyó el valor del IPH.

Cómputo del IPH

En el modelo original de cómputo del IPH, las fases del proceso fenológico se ubican temporalmente teniendo

en cuenta la fecha media de plena floración (PFL) de la variedad mayormente cultivada, y el IPH computado se considera como el valor más representativo del riesgo de ocurrencia de daños por helada en un lugar determinado.

En el caso actual del cerezo, el estudio se centró en la variedad Bing, pero los resultados, como se verá más adelante, podrán aplicarse también a otras variedades.

Por la dificultad que existe para la correcta determinación de los momentos de ocurrencia de las distintas fases, las fechas fenológicas, y especialmente la de plena floración de las tres regiones de cultivo, deben considerarse con cierto reparo pues no es seguro que respondan al mismo criterio observacional.

En el Cuadro 8 se consignan las fechas de las fases fenológicas provistas por las diversas fuentes de información, a partir de las cuales se estimaron las PFL a utilizar en cada región para centrar el esquema de duración de los subperíodos.

Como en la región mendocina la plena floración del año 2004 se adelantó nueve días con relación al promedio,

CUADRO 7. Fechas medias (1986-2005) y desviación típica de los niveles térmicos críticos usados para el cómputo del IPH.

Región	-1,1 °C		-1,7 °C		-2,2 °C		-3,5 °C		-5 °C	
	Fecha	σ	Fecha	σ	Fecha	σ	Fecha	σ	Fecha	σ
Mendoza	14 set	14,24	04 set	14,86	30 ago	17,39	21 ago	19,31	10 ago	15,05
Gaimán	01 oct	21,86	26 set	23,00	25 set	23,80	05 set	24,60	23 ago	19,61
Los Antiguos	03 nov	13,65	25 oct	14,60	14 oct	18,50	06 set	16,20	27 ago	20,90

CUADRO 8. Fechas fenológicas del cerezo Bing según la información disponible.

Región	Yema hinchada	Cáliz visible	Corola visible	Floración		
				Comienzo	Plenitud	Fin
Mendoza						
Zona Norte						
	Media 1971/87			24 set	26 set	30 set
	Año 2000			24 set	26 set	29 set
	Año 2003			23 set	26 set	29 set
	Año 2004			16 set	17 set	19 set
Zona Sur						
	Año 2004			15 set	17 set	20 set
Chubut						
Gaimán						
	Mediana de 4 años	04 set	15 set	21 set	27 set	30 set
05 oct						
Santa Cruz						
Los Antiguos						
	Año 2004			07 oct	11 oct	18 oct
EE.UU.						
	Prosser, Washington	10 mar	28 mar	06 abr	12 abr	16 abr
26 abr						

y dado que este adelantamiento se observó también en cuatro de los dieciséis años de la serie 1971/86, se estimó el 25 de septiembre como fecha media de plena floración.

Para Gaimán, como los datos corresponden solamente a cuatro años de observaciones, la fecha media de plena floración se obtuvo determinando el valor mediano de las fechas observadas en cada año, dando como resultado el 30 de setiembre.

La fecha de plena floración consignada por el único año de observaciones de Los Antiguos, no puede ser usada para ubicar el esquema fenológico. Para estimar una fecha aceptable de plena floración en esa región, se siguió un procedimiento basado en los métodos presentados por Tabuenca (Tabuenca, 1975), relativos al cultivo de cerezo en Zaragoza, España.

Si se acepta que la fecha del 11 de octubre como PFL del año 2004, es correcta y representativa de la relación con la disponibilidad calórica de ese año, se computaron las sumas de temperaturas efectivas sobre 6°C acumuladas desde el 1° de septiembre hasta la fecha de plena floración. El resultado, 107,1 se consideró como el requisito térmico del cerezo Bing para alcanzar la plena floración.

Iguales sumatorias sobre 6°C se iniciaron en el 1° de septiembre para cada uno de los restantes años, desde

1999 al 2003 (el año 2005 no pudo incluirse en el cómputo por falta de información para el mes de septiembre). La fecha de plena floración de cada año quedó establecida cuando la sumatoria de temperaturas efectivas alcanzaba una cifra igual a la de plena floración del 2004 (Cuadro 9).

Como una forma de comprobación de estas fechas estimadas y, teniendo en cuenta que algunos investigadores computan el requerimiento calórico para florecer usando temperaturas base de 4°C y 4,5°C, (Iezzoni, 1985; Eisen-smith *et al.*, 1980), se realizaron también los cálculos de sumas térmicas sobre 4°C, usando igual metodología que en el cómputo anterior.

Los resultados de las diferentes sumatorias, que se dan en el Cuadro 9 muestran la coincidencia de fechas obtenidas por los cálculos sobre ambas temperaturas base, cuyos promedios para los seis años señalan al día 17 de octubre como fecha media de plena floración del cerezo Bing en el área de Los Antiguos.

Una segunda comprobación sobre la validez de esta fecha, se obtuvo contando la cantidad de días con temperatura media diaria igual o superior a 7°C desde el 1° y el 15 de septiembre hasta la fecha de plena floración estimada para cada año (procedimiento también usado por Tabuenca). Con excepción del año 1999, primer año de registro de la estación automática, la similitud de las sumatorias

CUADRO 9. Resultado de los métodos de estimación de las fechas anuales de plena floración en Los Antiguos.

Año	Fecha estimada de plena floración según		Cantidad de días con temperatura media ≥ 7 °C	
	$\Sigma t \geq 6$ °C	$\Sigma t \geq 4$ °C	desde el 1/9	desde el 15/9
1999	15 oct	16 oct	25	23
2000(x)	19 oct	18 oct	-	26
2001	16 oct	15 oct	32	25
2002	22 oct	22 oct	30	27
2003	21 oct	19 oct	33	26
2004	11 oct	11 oct	33	23
\bar{X}	oct 17,3	oct 16,8	\bar{X}_e 32	25,5
σ	4,13	3,76	σ 2,83	1,12

(x) En el año 2000 falta información desde el 1° al 15 de setiembre, siendo los cálculos a partir de esa fecha.

para los otros cinco años demostró la validez de las fechas, confirmada por las reducidas desviaciones típicas calculadas a partir de las diferencias con los valores medianos de ambas series.

En resumen, para ubicar el esquema fenológico del cerezo Bing en Los Antiguos, se consideró el día 17 de octubre como fecha media de plena floración. Esta fecha es casi igual a la registrada en el área norteamericana de Prosser y, por analogía, ambas floraciones plenas se corresponden con la temperatura media climática de 9,5°C, como lo muestra la Figura 2 en la que se indican las temperaturas media de los días de plena floración en las cuatro regiones.

Con la disposición del esquema fenológico con las fechas medias de plena floración, adecuado a cada una de las regiones, de la escala de niveles térmicos críticos para las dos intensidades de pérdida, total y parcial, y del cálculo de probabilidades de ocurrencia de esos niveles durante el ciclo, se pudo comenzar a computar el IPH del cultivo de cerezo Bing, recordando que el cómputo concluye cuando la probabilidad de ocurrencia de la temperatura crítica para la fructificación es inferior al 5%.

Este cómputo se realizó primeramente centrado en el esquema fenológico en el día medio de plena floración y, posteriormente, desplazando el esquema de cinco en cinco días después. Este desplazamiento permite calcular la modificación en el valor del IPH para aplicarlo a varie-

dades más tardías que Bing. Es obvio que este desplazamiento debería ir acompañado por una modificación en la duración de los subperíodos, pero hasta tanto no se disponga de observaciones fenológicas extensas y detalladas sobre las diferentes variedades, se puede adoptar el criterio propuesto.

Graduación del IPH y calificación del riesgo

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.

En este estudio se introduce y propone, por primera vez, una escala de calidad de riesgo y se estima la posible frecuencia de situaciones de pérdida de producción en cerezo. La graduación en la severidad del riesgo puede asociarse al uso de métodos de protección contra heladas, los cuales se consideran innecesarios cuando el riesgo es poco importante y, por el contrario, imprescindibles bajo riesgo severo. Cuando el riesgo es de categoría excesiva, la realización del cultivo es desaconsejable porque las pérdidas serían permanentes y el producido no cubriría el costo de protección.

Se advierte que esta escala de jerarquización del riesgo y los aspectos complementarios que se informan en el Cuadro 10, tiene solamente carácter provisorio, y queda

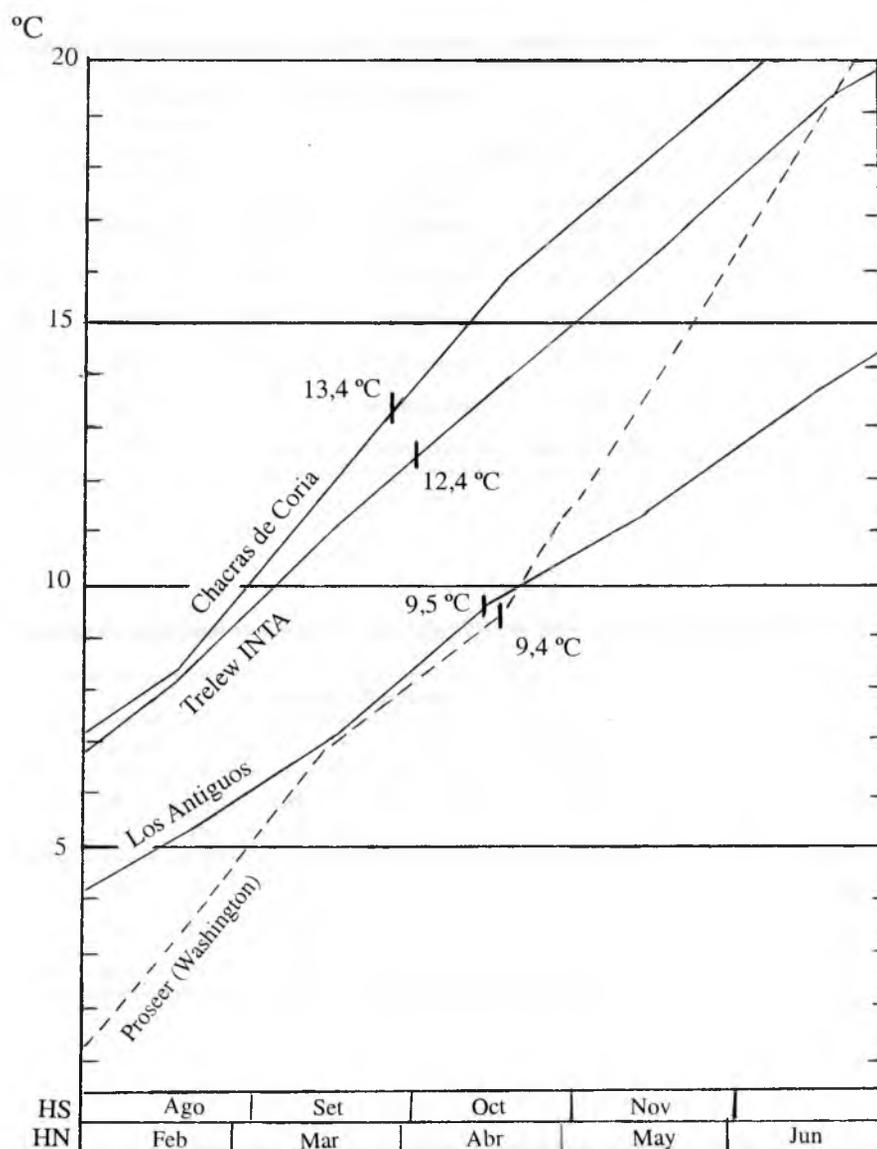


FIGURA 2. Temperaturas medias de las fechas de plena floración.

abierta a las rectificaciones que surjan en estudios posteriores mejor informados.

De acuerdo con el carácter estimativo de los esquemas fenológicos y el de los niveles de temperaturas críticas considerados en este estudio, a los valores de IPH obtenidos no se les debe asignar otra condición que la de índices agroclimáticos comparativos entre regiones que, a pesar

de pretender acercarse los más posible a la realidad de los hechos, no la representan en forma absoluta.

Si bien la escala de riesgos se diseñó para el cultivo del cerezo, podrá aplicarse a otros frutales criófilos siempre que se consideren fases similares en el esquema fenológico y se utilicen los niveles de temperaturas críticas correspondientes a cada especie.

CUADRO 10. Escala de valores o índices de IPH y calidad del riesgo de pérdida 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 pérdida	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

CUADROS 11. Probabilidades parciales y valor del IPH para los dos niveles de intensidad de pérdida en cada subperíodo.

Región	Intensidad de pérdida									
	Total					Parcial				
	YH a CoV	CoV a FI	PFL	FR	IPH	YH a CoV	CoV a FL	PFL	FR	IPH
Chacras de Coria	3	3	4	4	14	13	4	5	10	32
Gaimán	17	6	15	28	66	27	11	15	35	88
Los Antiguos	9	1	26	46	82	23	12	26	61	122

CUADRO 12. Índices de IPH obtenidos desplazando el esquema fenológico en 5, 10 y 15 días.

Región	Intensidad de pérdida							
	En fecha media	Total			Parcial			
		días después			En fecha media	días después		
	5	10	15			5	10	15
Mendoza	14	8	6	4	32	29	18	9
Gaimán	66	52	42	30	88	69	61	53
Los Antiguos	82	51	37	25	122	100	95	58

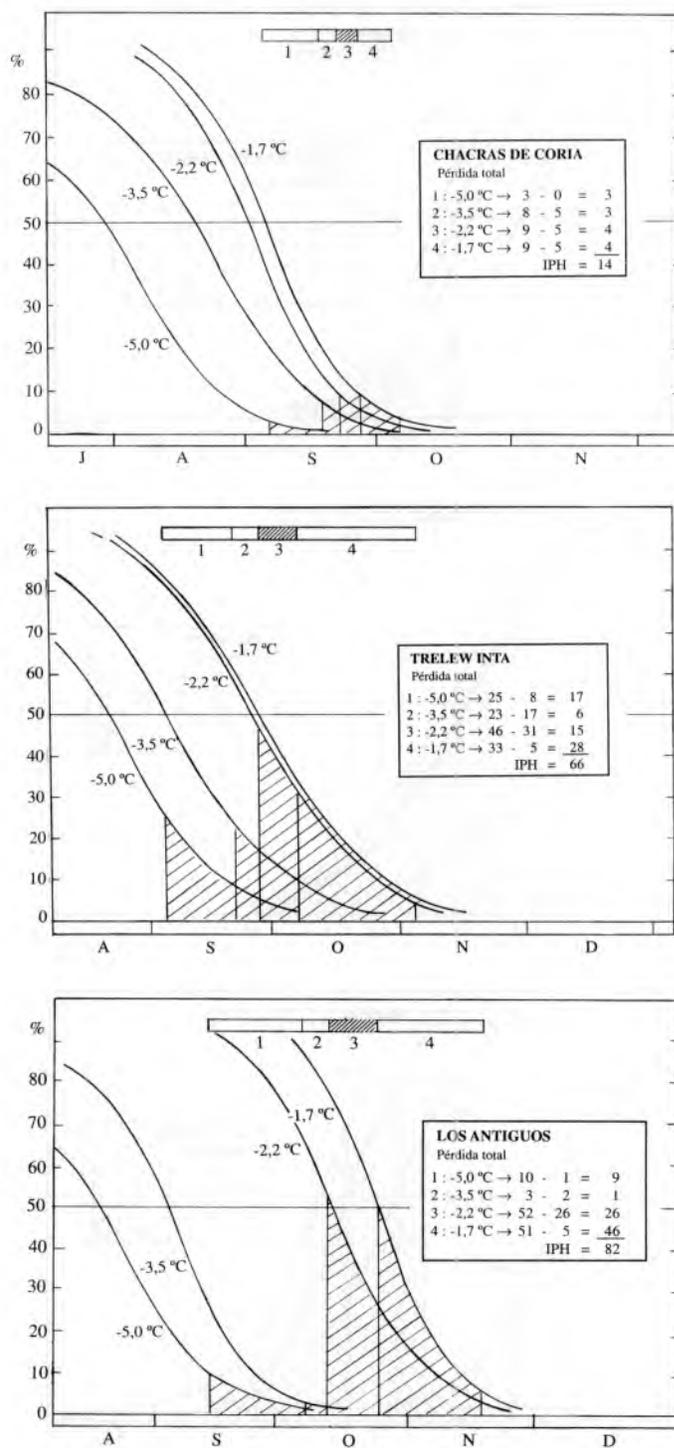


FIGURA 3. Representación gráfica de los cálculos de IPH para una pérdida total.
 1: subperíodo YH-CoV; 2: subperíodo CoV-FL; 3: fase FL; 4: fase FR.

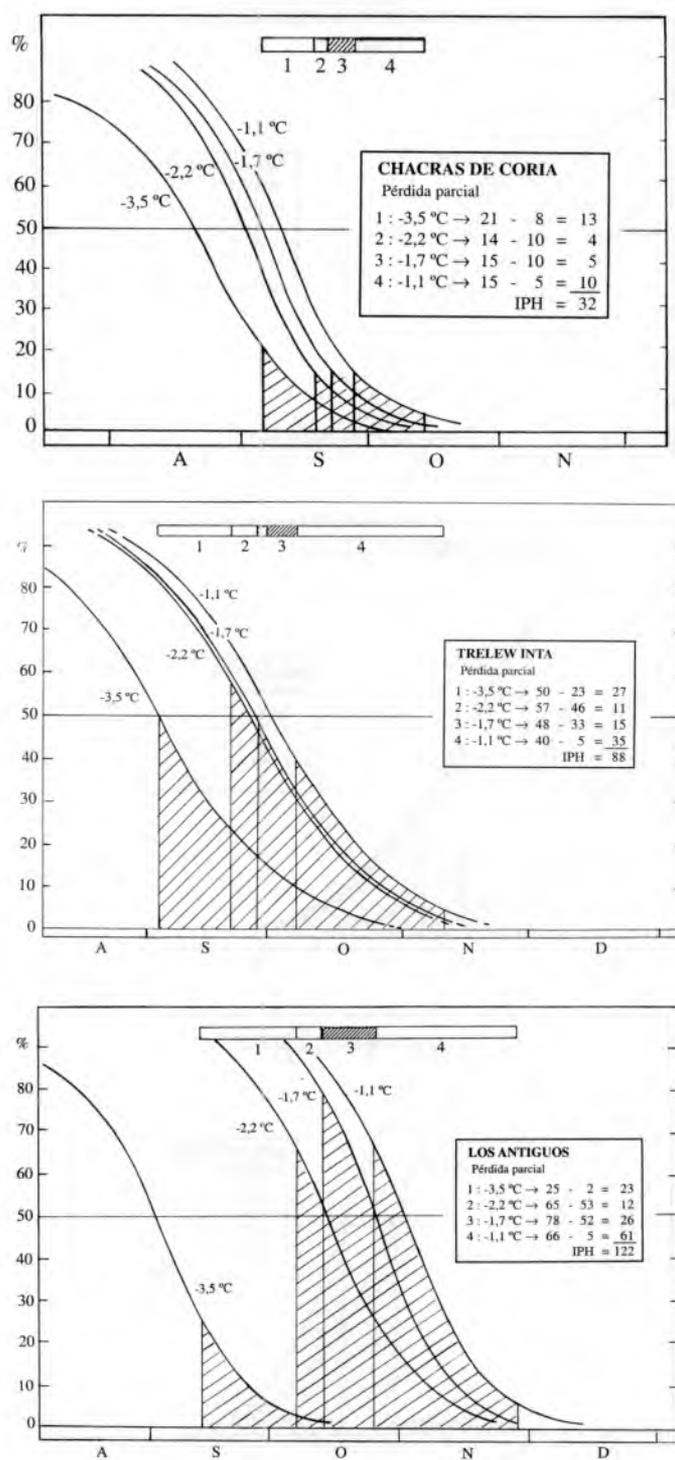


FIGURA 4. Representación gráfica de los cálculos de IPH para una pérdida parcial. 1: subperiodo YH-CoV; 2: subperiodo CoV-FL; 3: fase FL; 4: fase FR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices de IPH obtenidos para las tres regiones productoras de cerezas se resumen en los Cuadros 11 y 12 y se grafican en las Figuras 3 y 4.

Para la zona norte de Mendoza, tanto en el nivel de daño o pérdida total como en el de pérdidas parciales, los IPH confirman la suposición de que las heladas perjudiciales no son un problema preocupante para el cultivo de cerezo y que, solamente, podrán afectar en proporciones mínimas la cantidad de producción en algunos años, constituyendo una región con alta seguridad de cosecha. Es admisible suponer que el régimen térmico más riguroso de la zona del Valle de Uco, reflejaría una situación de mayor riesgo, aunque siempre dentro del grado mínimo.

Los valores de IPH en el nivel de pérdida total para Gaimán y Los Antiguos, presentan en cambio niveles de riesgo alto. En la primera localidad, con un IPH de 66 índices, las probabilidades de pérdida total por helada son importantes solamente en la etapa de fructificación, en la cual en uno de cada cinco o seis años podrían esperarse pérdidas muy grandes o totales de la producción. Por este motivo, es absolutamente necesario la utilización de métodos de protección durante esta etapa del cultivo.

El nivel total de riesgo dado por el IPH es algo inferior al asignado por Vallés y Cittadini (*op.cit.*) utilizando otra metodología de cómputo. El valor del IPH para una intensidad de pérdida parcial, computa cifras parecidas, con un relativo aumento en la fructificación.

La producción de cereza en Los Antiguos, que no sería afectada por heladas en los dos primeros

subperíodos del ciclo, registra sensibles valores de pérdida total en floración y fructificación. Aún discutiendo los niveles críticos propuestos para el cómputo del IPH, las cifras de probabilidades parciales de 26% y 46% para estos dos subperíodos están confirmando el elevado riesgo al que podrían estar expuestos los cultivos. El valor de IPH de 122 índices para el nivel de daño parcial en esta región, pronostica la ocurrencia en esta región, de pérdidas variables por helada todos los años y podría explicar los bajos rendimientos obtenidos en cultivos no protegidos.

En el Cuadro 12 donde se indican los IPH computados con el desplazamiento del esquema fenológico, la reducción de las cifras de daños es importante en Los Antiguos, donde en quince días hay una disminución de 57 puntos en el valor del IPH, pasando de un riesgo severo a un mínimo. Esto demuestra la ventaja de utilizar, en esa región, variedades de floración tardía que escapan a sufrir grandes pérdidas totales. Reducciones menores en las producciones anuales son inevitables, porque los IPH de pérdida parcial se mantienen en un valor alto, aún después de 10 ó 15 días de atraso en la fecha de plena floración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Concepción Arjona, a Liliana San Martino, a Rosa Arbuniés, a Fernando Manavella, a Aldo Cícero y a Eduardo D. Cittadini, por la información fenológica y/o meteorológica gentilmente suministrada, sin la cual no se hubiera podido realizar este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHCROFT, G.L.; E.A. RICHARDSON and S.D. SEELEY. 1977. A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees. *Hort.Sci.* 12(4): 347-348.
- BALLARD, J.K.; E.L. PROEBSTING and R.B. TUKEY. 1982. Critical temperatures for blossom buds - Cherries- Wash. Sta. University. EB 1128.

- BARGONI, G. 1996. Sweet cherry scions: characteristics of the commercial cultivars, breeding objectives and methods. In: A.D. Webster and N.E. Looney (eds). 1996. Cherries. Crop physiology, production and uses. CAB International, Cambridge, UK. Pág. 73-112.
- CITTADINI, E.D. 2002. Development of a simulation model for potential of sweet cherry: its usefulness to analyse planting density. Thesis M. Sc. Crop. Sciences, Production Ecology (S 12 - B) - Wageningen University, 109 p.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1955. El calentamiento del aire en la lucha contra las heladas primaverales para la protección de los montes frutales en el Valle de Río Negro. *Meteoros* 5(3): 185-206.
- EISENSMITH, S.P.; A.L. JONES and J.A. FLORE. 1980. Predicting leaf emergence of Montmorency sour cherry from degree-day accumulation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(1): 75-78.
- GUERENDIAIN, F. y F.A. MANAVELLA. 2003. Fenología de las principales variedades de cerezos cultivadas en Los Antiguos. Agencia de Extensión Rural, INTA Los Antiguos. *Agricultura* 9, 2 pág.
- IEZZONI, A.F. 1985. Genetic differences for spring floral bud development among sour cherry cultivars. *Acta Hort.* 169: 123-126.
- INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL. 2004. Fenología de frutas. Cereza. Informe de avance, Mendoza. 3 pag.
- INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL. 2005. Fenología del Cerezo Bing. Programa de Pronóstico de cosecha, Mendoza. 6 pág.
- LAMBERT y RAINIER. Temperaturas críticas para cerezo Bing. Citados por Ballard *et al.*, 1978.
- MAHMOOD, D.K.; J.G. CAREW; P. HADLEY and N.H. BATTEY. 2000. Chill unit models for the sweet cherry cvs Stella, Sunburst and Summit. *J. of Hort. Sci. and Biotechnology* 75(5): 602-605.
- MANAVELLA, F. Y F. GUERENDIAIN. 2003. Sistemas de control de heladas - Agencia de Extensión Rural. INTA. Los Antiguos. *Agricultura* 8: 2 pág.
- NOFFSINGER, T.L. 1961. Leaf and air temperatures under Hawaii conditions, *Pacific Sci.* 15(2): 304-306.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1993-94. Tendencia de la amplitud térmica diaria en la Argentina desde 1901 a 1990. *Revista Facultad de Agronomía* 14(2): 127-138.
- PASCALE, A.J.; E.A. DAMARIO y C.A. BUSTOS. 1997. Aumento de las temperaturas mínimas invierno-primaverales en el Alto Valle de Río Negro. *Revista Facultad de Agronomía* 17(1): 127-132.
- PASCALE, A.J.; E.A. DAMARIO y J. GASTIAZORO BLETTER. 2003. Aptitud agroclimática actual de Cinco Saltos (Río Negro, Argentina) para el cultivo del manzano. XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorología, 3 al 7 de agosto, Santa María RS, Brasil. *Anais* (1): 567-568.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. 550 pág. Buenos Aires.
- PÉREZ, BRUNO, A.M. 1998. Producción intensiva y semi-intensiva de fruticultura en el VIRCH. Informe Final (Beca Profesional). INTA - EEA Chubut.
- PERRAUDIN, G. 1965. Résistance au gel printanier de quelques espèces et variétés fruitières. *Phytoma* 172: 13-20.
- PROEBSTING, E.L. and H.H. MILLS. 1971. The use of controlled freezing techniques for estimating critical temperatures of fruit buds. Wash. State Univ. Agric. Expt. Sta., Circ 548.
- PROEBSTING, E.L. and H.H. MILLS. 1972. A comparison of hardiness responses in fruit buds of Bing cherry and Elberta peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(6): 802-806.
- PROEBSTING, E.L. and H.H. MILLS. 1978. Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(2): 192-198.
- PROVERBIO, J. 1952. Dos ensayos de calentamiento del aire para evitar la acción de las bajas temperaturas en frutales. *Meteoros* 2(1-2): 117-129.
- PUGH, A.B. 2001. Fenología de las especies frutales de importancia en el Valle Inferior del Río Chubut. Informe Técnico. Unidad Frutícola. INTA - EEA Chubut. 30 pp.
- PUGH, E. 2002. Producción intensiva y semi-intensiva de fruticultura en el VIRCH. Informe parcial (Beca Profesional) Unidad Frutícola. INTA - EEA Chubut.
- PUGH, E. 2003. Producción intensiva y semi-intensiva de fruticultura en el VIRCH. Segundo informe parcial (Beca Profesional) Unidad Frutícola. INTA - EEA Chubut.

- ROGERS, W.J. and H.L. SWIFT. 1970. Frost and the prevention of frost damage U.S. Depart. of Commerce, NOAA, Silver Spring, Md.
- RUGGIERO, R.A. 1955. La floración del manzano y su relación con las temperaturas invernales en el Alto Valle del Río Negro. *Meteoros* 5(3): 141-154.
- SAN MARTINO, LILIANA y F.A. MANAVELLA. 2004. Datos climáticos del Valle Los Antiguos (Santa Cruz). Cartilla de divulgación. Agencia de Extensión Rural, INTA Los Antiguos, 5 pág.
- SEIF, S. and W. GRUPPE. 1985. Chilling requirements of sweet cherries (*Prunus avium*) and interespecific cherry hybrids (*Prunus* x ssp.). *Acta Hort.* 169: 289-294.
- SENASA. 2005. Oficina de Estadística de Comercio Exterior. Exportaciones de frutas frescas (cereza) en 2005.
- SHAW, R.H. 1954. Leaf and air temperatures under freezing conditions. *Plant Physiol.* 29(1): 102-104.
- TABUENCA, M.C. 1975. Factores climáticos que influyen en el cultivo frutal. *P. Cent, Pir. Biol. Exp.* 7(2): 21-32.
- VALLÉS, M.B. y E.D. CITTADINI. 2005. Cuantificación del riesgo de heladas en montes de cerezo en el sur patagónico. XII Congreso Latinoamericano y XXVIII Congreso Argentino de Horticultura, General Roca, Río Negro. Resúmenes pag. 65.(se dispuso del texto *in extenso*).
- YOUNG, F.D. 1947. Frost and the prevention of frost damage. U.S. Depart of Agric. *Farmer Bulletin* N° 1588.