

# INDICE AGROCLIMATICO DE PELIGROSIDAD DE HELADAS PRIMAVERALES EN FRUTALES

A. J. Pascale, E. A. Damario y C. A. Bustos

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía  
Avda. San Martín 4453(1417) Buenos Aires.  
Email: postmaster@clima.agro.uba.ar

## RESUMEN

Se presenta un Índice Agroclimático de Peligrosidad de Heladas primaverales en frutales criófilos basado en: a) duración en días de los distintos momentos fenológicos de la etapa reproductiva, desde prefloración a comienzos de fructificación; b) temperaturas mínimas críticas en cada momento; c) probabilidad de ocurrencia de las temperaturas mínimas críticas. El Índice resulta de sumar las probabilidades de ocurrencia de los diferentes niveles térmicos críticos parciales durante ese proceso fenológico total. Se obtiene así una escala de valores entre 0 y 100, correspondientes a los extremos de peligrosidad. Se ejemplifica con dos casos: manzano en Cipolletti, provincia de Río Negro y duraznero en San Pedro, provincia de Buenos Aires. Los valores del índice permiten conocer los diferentes riesgos regionales según fechas de floración de las distintas especies frutales o, localmente, según la precocidad de floración de los cultivares en explotación.

**Palabras claves:** Índice Agroclimático, riesgo de heladas primaverales

## SUMMARY

An agroclimatic index for Spring frost risk ranging from 0 to 100 is developed. The index is the sum of partial probabilities of occurrence of critical minimum temperatures from flower bud bursting to small green fruits. As an example, the index was utilized in apple trees flowering at Cipolletti (Río Negro) and in peach trees flowering at San Pedro (Buenos Aires). The index allows to know the comparative climatic risk on regional or local level according to the flowering date of different fruit trees or varieties of the same species.

**Key words:** Agroclimatic Index, Spring frost risk.

## INTRODUCCION

Los cultivos frutales se difundieron en la Argentina de acuerdo con las disponibilidades agroclimáticas regionales que satisfacen sus requerimientos bioclimáticos. Si se efectúa un agrupamiento en especies termófilas y especies criófilas, los cultivares de cada grupo tienen exigencias bioclimáticas prioritarias de necesidad calórica o de enfriamiento invernal, respectivamente, para poder completar adecuadamente sus ciclos ontogénicos.

Por el régimen térmico marítimo del territorio argentino, los cultivos frutales criófilos, para satisfacer su exigencia bioclimática invernal, debieron ubicarse en áreas con riesgos de daños por heladas primaverales coincidentes con el periodo sensible de floración.

Para cuantificar la peligrosidad de la temperatura mínima en la etapa fenológica de la floración se han desarrollado índices. Burgos (1947) presentó el Índice Crioquindinoscópico (ICK) que calcula la temperatura normal del aire en la fecha probable de ocurrencia de heladas una vez cada 5 años. A mayor temperatura ó ICK más elevado, el riesgo por heladas se incrementa por un estado vegetativo más avanzado.

Pascale y Damario (1958) desarrollaron un Índice de Peligrosidad de daño por heladas primaverales en frutales, basado en la probabilidad de ocurrencia de los distintos niveles de temperaturas mínimas perjudiciales durante los momentos fenológicos de prefloración, floración y fruto verde. Las probabilidades parciales acumuladas de los tres momentos expresan el valor del Índice que, en una escala

entre 0 y 100, permite estimar el riesgo probable de años con daño por heladas.

El presente trabajo utiliza este Índice con dos objetivos: 1) actualizar el valor obtenido anteriormente para el manzano en Cipolletti y, 2) valorar el riesgo por heladas primaverales para el cultivo del duraznero en la zona de San Pedro, de creciente importancia como productora frutícola.

## MATERIALES Y METODO

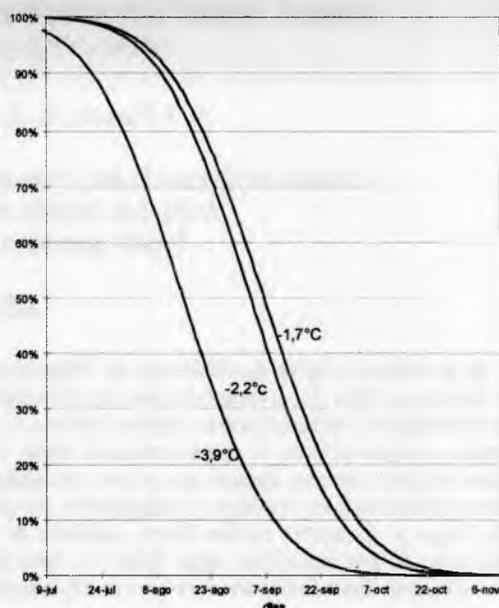
El cálculo del Índice de Peligrosidad de Heladas (IPH) se efectúa para fechas de ocurrencia más frecuentes en cada lugar: manzanos en Cipolletti y durazneros en San Pedro. Los datos fenológicos corresponden, respectivamente, a los incluidos en el trabajo original (Pascale y Damario, 1958) y a los provistos por la Estación Experimental del INTA de San Pedro (cuadro N° 1). Las temperaturas mínimas críticas corresponden a las presentadas por Young, 1947.

**Cuadro N°1: Duración media en días del proceso de floración para el manzano en Cipolletti y para el duraznero en San Pedro y temperaturas mínimas críticas.**

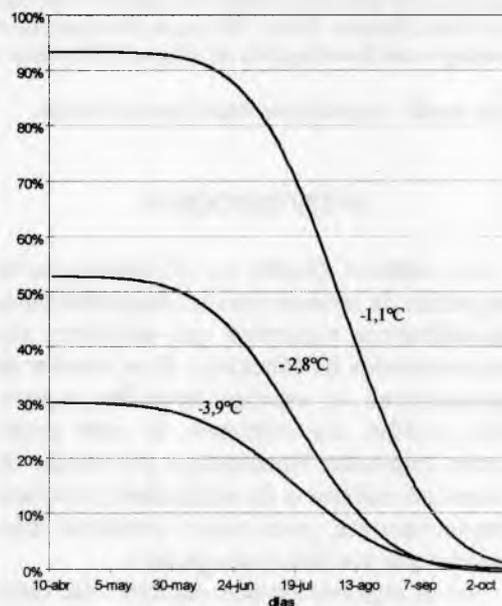
Especies	yemas florales mostrando el color de los pétalos	FLORACION			frutos verdes
		Primeras flores y comienzo	plenitud	Fin y últimas flores	
manzano	7	3	5	3	
duraznero	7	6	9	6	
manzano		-3.9°C	-2.2°C	-1.7°C	
duraznero		-3.9°C	-2.8°C	-1.1°C	

Se utilizaron las series de temperaturas mínimas diarias de los periodos 1957-1992 para Cipolletti y 1967-1996 para San Pedro.

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, las cuales se grafican en la figura 1. Las curvas presentadas fueron obtenidas ajustando a la distribución normal la frecuencia acumulada de datos observados para los distintos niveles térmicos.



**Fig. 1 (A): Probabilidad de ocurrencia de los niveles térmicos de riesgo durante el período de prefloración hasta comienzo de fructificación de manzanos en Cipolletti.**



**Fig. 1 (B): Probabilidad de ocurrencia de los niveles térmicos de riesgo durante el período de prefloración hasta comienzo de fructificación de durazneros en San Pedro.**

Índice de daño para  $-3,9^{\circ}\text{C}$  ó inferior : 2,13%  
 Índice de daño para  $-2,2^{\circ}\text{C}$  ó inferior : 2,62%  
 Índice de daño para  $-1,7^{\circ}\text{C}$  ó inferior : 6,17%

---

10,92%

El Índice de Peligrosidad del 10,92 % significa que en Cipolletti, aproximadamente una vez cada 10 años es estadísticamente probable que se produzcan daños por temperaturas mínimas en manzanos con plena floración el 4 de octubre.

Por el hecho de que las probabilidades utilizadas no son absolutamente independientes, el valor del Índice sólo pretende obtener un valor útil para comparaciones agroclimáticas. Debe quedar claro, además, que es un elemento importante a incluir entre las diversas causas a considerar para la estimación de la producción final. Solamente indica el riesgo comparativo de ocurrir años con daño por heladas en frutales criófilos con distintas fechas de floración para un mismo lugar o en distintas ubicaciones.

Asimismo, tanto los niveles críticos considerados, como las duraciones de los momentos fenológicos, pueden variar sin modificarse el método de cómputo del Índice.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1) Índice de Peligrosidad de Heladas en manzanos

La fecha del 4 de octubre considerada en el análisis previo corresponde a la floración de los cultivares de manzano más difundidos en el área de Cipolletti con IPH de 10,92 % para el período 1957-92.

Es interesante conocer los valores que adquiere el Índice cuando los cultivares son de floración anterior o posterior a esa fecha. En el cuadro N°2 se indican los cálculos para plenas floraciones cada 3 días desde el 16 de setiembre al 16 de octubre. Obsérvese que con plena floración anticipada en una semana, el riesgo de años con daño aumenta de 1:10 a 1:5, y disminuye para el mismo lapso de atraso de 1:10 a 1:17, aproximadamente.

**Cuadro N° 2: Índice agroclimático de peligrosidad de heladas para manzanos en Cipolletti**

fecha central de plena floración	$-3,9^{\circ}\text{C}$ ó inferior desde yemas cerradas a plenitud de floración	$-2,2^{\circ}\text{C}$ ó inferior durante la plenitud de floración	$-1,7^{\circ}\text{C}$ ó inferior para fruto verde creciendo	Índice %
16 set	9,85	8,09	26,33	44,27
9 "	8,10	7,13	21,64	36,87
22 "	6,50	6,14	17,47	30,11
25 "	5,10	5,15	13,86	24,11
28 "	3,90	4,21	10,79	18,90
1 oct	2,92	3,37	8,24	14,53
4 "	2,13	2,62	6,17	10,92
7 "	1,53	1,99	4,54	8,06
10 "	1,07	1,48	3,27	5,82
13 "	0,72	1,12	2,51	4,35
16 "	0,49	0,98	1,80	3,30

La comparación del riesgo para una misma fecha de plena floración, 4 de octubre en Cipolletti, ha disminuido apreciablemente a través de los años ya que, para el período 1903-1953 el Índice fue de 32,8 %. Esta variación es explicable por el calentamiento inverno-primaveral registrado en el área (Pascale *et al*, 1997). Esta nueva situación térmica queda confirmada cuando se comparan las fechas medias de última helada de  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  para ambos períodos, que del 6 de octubre pasó al 26 de setiembre.

### 2) Índice de Peligrosidad de Heladas en durazneros.

En San Pedro, según informe de la Estación Experimental de INTA, las fechas medias de plenitud de floración de 16 cultivares de durazneros difundidos en el área varían entre el 25 de julio ( cultivar San Pedro 16-33) y el 16 de setiembre (cultivar Limón Marelli). La fecha media de plena floración del 31 de agosto adoptada para el ejemplo de la Fig.3 correspondería a los cultivares Flavorcrest y Fayette. La duración de los momentos de la floración necesarios para la aplicación del Índice fueron obtenidos de valores fenológicos promedio de una colección de 36 cultivares que incluyen a los 16 anteriores.

El cómputo del IPH para duraznero en San Pedro con fecha de plena floración centrada

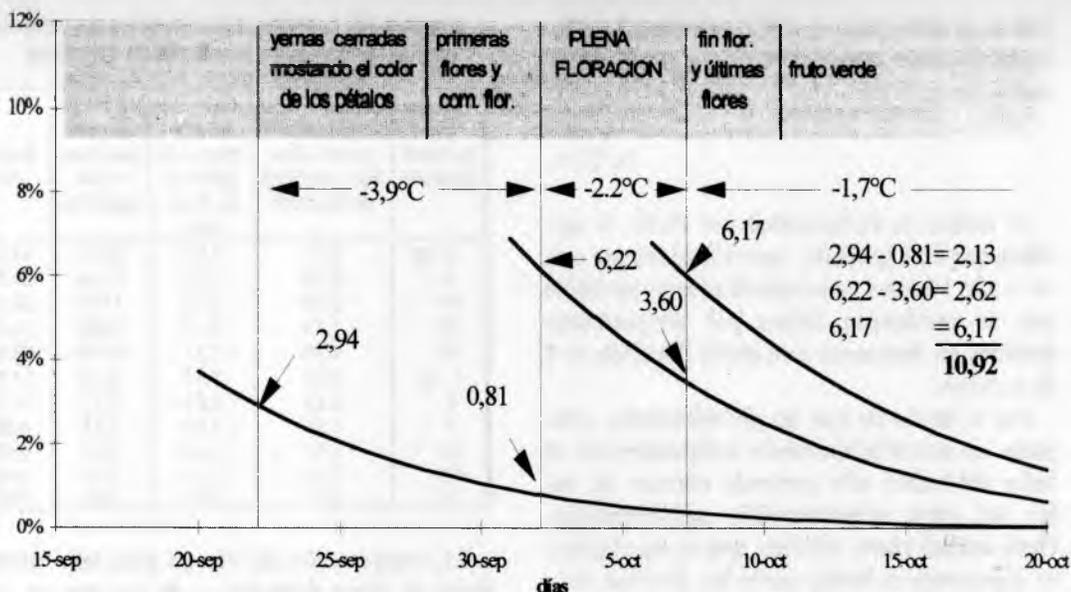


Fig 2: Cálculo del Índice de Peligrosidad de Heladas para plena floración del manzano el 4 de octubre en Cipolletti.

El cómputo del Índice de Peligrosidad sigue la metodología originalmente propuesta por Pascale y Damario (1958) para manzano en Cipolletti, pero con la utilización de valores meteorológicos recientes (1957-92), lo cual permitió comparar el nuevo valor de riesgo con el calculado para el período 1903-53.

En la figura 2 se presenta el proceso de la floración de un manzano en Cipolletti con plenitud centrada en el 4 de octubre, considerada como la más frecuente según el promedio de los valores fenológicos de una colección de manzanos (Ruggiero, 1955), con yemas cerradas mostrando el color de los pétalos desde el 22 de setiembre hasta fruto chico verde creciendo a partir del 10 de octubre.

El IPH se computa como la suma de las probabilidades de ocurrencia parciales para cada nivel crítico, de la siguiente forma:

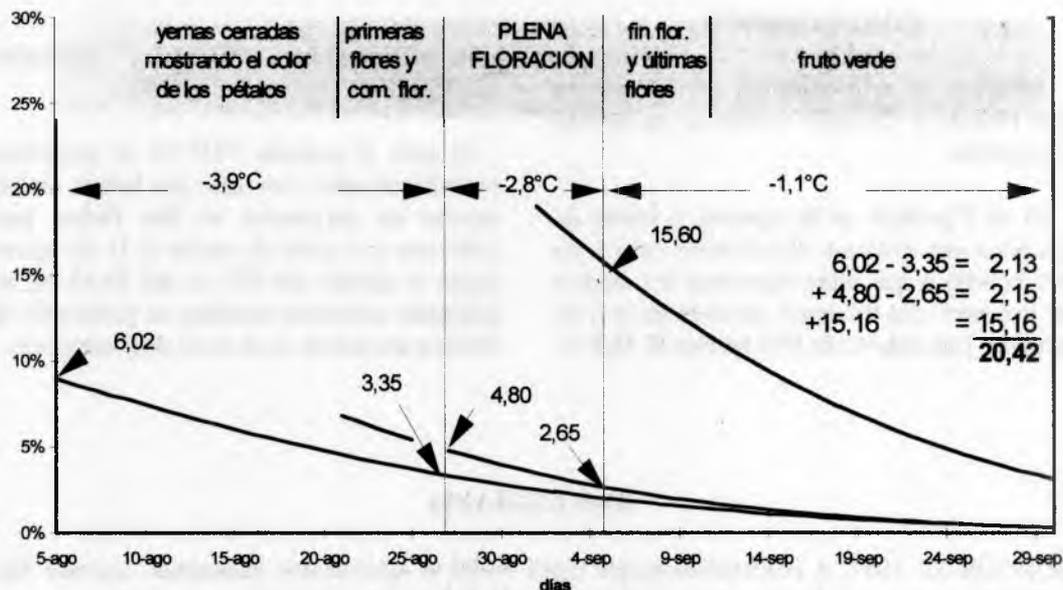
a) a partir del 22 de setiembre tienen influencia perjudicial las temperaturas de  $-3,9^{\circ}\text{C}$  ó inferiores, según lo indica el área abarcada por su curva de probabilidad desde 2,94 %, valor de la intercepción de la curva con la fecha referida. Como a partir del 2 de octubre el nivel crítico desciende a  $-2,2^{\circ}\text{C}$  ó inferior, a partir de esa fecha el área de probabilidad de

$-3,9^{\circ}\text{C}$  queda incluida en la de  $-2,2^{\circ}\text{C}$  o inferior, o sea el 0,81 %, el cual deberá descontarse del valor inicial, quedando:  $2,94 - 0,81 = 2,13$  % como porcentaje de años con daño para el primer momento.

b) El 2 de octubre comienzan a ser perjudiciales las temperaturas mínimas de  $-2,2^{\circ}\text{C}$  ó inferiores, cuya acción se prolonga durante toda la plena floración, es decir hasta el 7 de octubre. Igualmente será necesario descontar del 6,22 % inicial, o área de probabilidad comprendida a partir del 2 de octubre, el porcentaje correspondiente a la parte de la curva que queda incluida en el nivel térmico siguiente, o sea:  $6,22 - 3,60 = 2,62$  %.

c) Después del 7 de octubre ya comienzan a ser perjudiciales las temperaturas mínimas de  $-1,7^{\circ}\text{C}$  ó inferiores, cuya superficie areal de 6,17 % hasta el límite extremo de ocurrencia, se computa totalmente.

d) Sumando los tres valores parciales según el cálculo precedente, se obtiene el IPH. indicativo del porcentaje de años con daño por heladas en Cipolletti para manzanos con plena floración centrada en el 4 de octubre.



**Fig 3: Cálculo del Índice de Peligrosidad de Heladas para plena floración del duraznero el 31 de agosto en San Pedro.**

en el 31 de agosto (Fig. 3) fue de 20,42 %, lo que significa daños posibles en uno de cada cinco años. En el cuadro N°3 se indican los cálculos del IPH cada 5 días dentro del amplio periodo de floración del duraznero en San Pedro, donde queda evidente que, en el área, la utilización de cultivares de floración precoz supone un elevado riesgo de años con daños por heladas. En efecto, por la cercanía al mercado metropolitano se tiende a utilizar aquellos con floración plena entre fines de julio y principios de agosto para lograr maduraciones durante el mes de noviembre.

Tal manejo cultural expone a las plantaciones al riesgo por heladas de 1:2 años, aproximadamente. Esta realidad mostrada por el IPH determina la necesidad de considerar el costo suplementario de las medidas de protección necesarias si se quiere obtener producciones regulares.

En cambio, floraciones de fines de agosto y principios de setiembre, con maduraciones algo más tardías (mediados de diciembre), se ven beneficiadas con riesgos menores, de 1:5 a 1:6 años, lo cual representa una situación compatible con medidas de lucha indirecta o menos onerosas.

**Cuadro N°3: Índice de peligrosidad de heladas para durazneros en San Pedro**

fecha central de plena floración	-3,9°C ó inferior desde yemas cerradas a plenitud de floración	-2,8°C ó inferior durante la plena floración	-1,1°C ó inferior para fruto verde creciendo	Índice %
25 jul	4,45	6,34	58,04	68,83
30 "	4,49	6,01	51,79	62,29
4 ago	4,42	5,53	45,38	55,33
9 "	4,25	4,95	39,02	48,22
14 "	3,99	4,30	32,87	41,16
19 "	3,64	3,63	27,12	34,39
24 "	3,25	2,98	21,89	28,12
29 "	2,83	2,37	17,26	22,46
3 set	2,40	1,84	13,30	17,54
8 "	2,00	1,38	10,01	13,39
13 "	1,62	1,01	7,35	9,98
18 "	1,22	0,66	4,90	6,78

Resulta interesante señalar que, por el régimen de las temperaturas mínimas primaverales en el área, el mayor riesgo de incidencia de las heladas se produce por la ocurrencia de los valores de -1,1°C, perjudiciales en el momento de postfloración sobre los frutitos verdes creciendo.

## CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del IPH propuesto por Pascale y Damario (1958) se ha podido comprobar:

a) en Cipolletti, se ha operado a través de los años una evidente disminución del riesgo por heladas a que están expuestos los montes de manzano con floración centrada en el 4 de octubre. Los valores de IPH fueron de 38,8 %

para el período 1903-53 y solamente de 10,92 % en el período 1957-92.

b) para el período 1957-96 el porcentaje probable de años con daño por helada en los montes de durazneros en San Pedro, para cultivares con plena floración el 31 de agosto según el cálculo del IPH es del 20,42 %, requiriendo solamente medidas de protección de relativa incidencia en el costo de producción.

## BIBLIOGRAFIA

BURGOS J.J. 1947. A cryokindynoscopic index useful in agroclimatic researches. Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires *CIR/IMO/T/305*. C.A.M,Doc. N°30.Toronto, Mimeog.

PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO (1958) Fecha de floración en frutales y probabilidad de años con daño por heladas. *Congreso Frutícola Argentino*, Buenos Aires, 22 pág mimeog.

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 en los últimos 90 años. 7° Reunión Argentina y 1° Latinoamericana de Agrometeorología, Buenos Aires. *Actas* 1(II): 19-20.

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.

YOUNG, F.D. (1947). Frost and the prevention of frost damage. United States Department of Agriculture, *Farmers Bulletin* (1588):1-65