

ISSN 0104-1347

Reducido riesgo de daño por heladas primaverales en dos zonas frutícolas del sur de Brasil

Reduced spring froat risk for fruit trees in southern Brazil

Antonio Juan Pascale¹, Edmundo Alberto Damario¹ y Silvina Maio (ex aequo)¹

Resumen - Se calculó la probabilidad de años en que las heladas pueden ocasionar daño a los cultivos de frutales criófilos en los Estados de Río Grande do Sul y Santa Catarina, con ejemplos para el duraznero en la zona de Pelotas (RS) y para el manzano en São Joaquim (SC). Para ello se utilizó el IPH, índice agroclimático de peligrosidad de heladas, que considera la relación entre el proceso fenológico de floración/fructificación de estos frutales con la probabilidad climática de ocurrencia de temperaturas mínimas perjudiciales. Para la fecha promedio de floración de los cultivares semiprecoces de duraznero utilizados en Cascata (Pelotas) el riesgo de daño medio fue de 1:8,5 años, solamente en el estado fenológico de pequeños frutos verdes, y fue de 1:13 años en la fecha media de floración del manzano Gala en São Joaquim, como resultado de daños probables durante todo el proceso fenológico, desde prefloración hasta inicios de fructificación. Los valores de IPH obtenidos para las condiciones climáticas de las dos áreas frutícolas del sur de Brasil indican un riesgo menor, en comparación con zonas de similares cultivos en la Argentina: duraznero en San Pedro y manzano en Cipolletti.

Palabras claves: IPH, Índice de Peligrosidad de Heladas, frutales criófilos.

Abstract - The probability of frost damage is estimated for cryophilic fruit trees of Rio Grande do Sul and Santa Catarina states, Brazil, with examples for peach trees in the area of Pelotas (RS) and for apple trees in São Joaquim (SC). A frost risk agroclimatic index (IPH) was utilized which is the relationship between the phenological process of the tree flowering-fruit bearing and the climatic probability of occurrence of damaging low temperatures. The mean frost risk for small green fruits was 1 in 8.5 years for the average flowering date of semi-early peach trees grown in Cascata (Pelotas) and 1 in 13 years for the average flowering date in Gala apples in São Joaquim for the flowering-beginning fruit formation period. The IPH for the two fruit tree growing areas of Southern Brazil showed a lower frost risk as compared with similar areas in Argentina: peach trees in San Pedro and apple trees in Cipolletti.

Key words: IPH, Frost Risk Index, cryophilic fruit trees.

Introducción

La implantación de regiones frutícolas con especies criófilas debe considerar dos de las exigencias bioclimáticas de estos frutales condicionantes, en gran medida, del éxito de las producciones finales, a sa-

ber: la necesidad de recibir durante el subperíodo de descanso una determinada dosis de frío y la susceptibilidad, durante los procesos de floración y fructificación, a temperaturas mínimas de intensidad excedente a los niveles críticos de resistencia específica y varietal.

¹Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín, 4453 (1417), Buenos Aires, Argentina. - pascale@mail.agro.uba.ar ; smaio@mail.agro.uba.ar -

La labor fitotécnica desarrollada sobre estos frutales caducifolios ha logrado producir cultivares con menor exigencia en frío invernal, lo que ha permitido la expansión de su cultivo hacia áreas con reducidas disponibilidades agroclimáticas en "horas de frío". La consiguiente precocidad en el despertar vegetativo manifestada por estos cultivares de menor criooxigencia, no es acompañada por un aumento de resistencia a heladas, por lo que el riesgo de experimentar daños por esta última causa tiende, obviamente, a incrementarse.

El desarrollo de zonas frutícolas en el sur de Brasil se ha basado precisamente en la utilización de estos nuevos cultivares, dado que la especial situación geográfica determina inviernos con reducida disponibilidad en horas de frío. Como lo muestra la Figura 1, en los Estados de Río Grande do Sul y de Santa Catarina la cantidad normal de horas con temperatura inferior a los 7° C acumuladas durante los cinco meses más fríos del año, alcanza sólo a 500 en ciertas áreas del primer estado y poco más de 800 en las zonas del segundo con altitud superior a 1000 metros (DAMARIO *et al.*, 1999; PASCALE *et al.*, 2000). Estas disponibilidades corresponden precisamente a la región con cultivos de duraznero de Pelotas (RS) (MOTA, 1956, 1957; MOTA *et al.*, 1974) y a la de São Joaquim (SC) donde se han establecido montes de manzano (IDE *et al.*, 1980). En ambas zonas existe la posibilidad de que ocurran años en que las heladas provoquen daños de relativa magnitud.

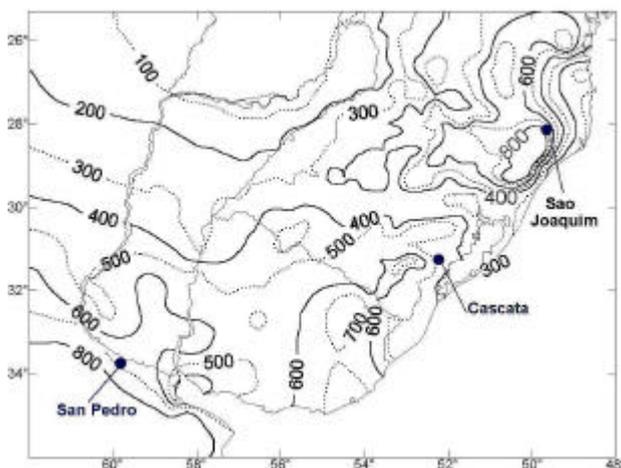


Figura 1. "Horas de frío" del período mayo a setiembre en el sur de Brasil (Pascale *et al.*, 2000).

La presente contribución tiene el propósito de cuantificar para ambas zonas brasileñas el riesgo que los cultivos frutales sean afectados por heladas durante la etapa de mayor sensibilidad, mediante un índice agroclimático que relaciona el proceso fenológico y los niveles térmicos de resistencia específica a bajas temperaturas, con el régimen climático de heladas de cada zona.

Materiales y métodos

En este análisis se utilizó información fenológica y meteorológica proveniente de diversas fuentes. Las fechas de floración de manzanos en São Joaquim (SC) se extrajeron de DENARDI *et al.* (1999-2000) y las de durazneros corresponden a observaciones realizadas en el Centro de Pesquisa Agropecuaria de Clima Temperado de Embrapa en Cascata (RS). En ambos casos son valores de una extensa serie de años de registro fenológico, (Tabla 1 y 2).

Los valores meteorológicos utilizados corresponden a las temperaturas mínimas diarias del período 1969-1998 registradas en la Estación Experimental de São Joaquim (EPAGRI) (lat. S 28°27', long. W 49° 56', 1388 m) y en el Centro de Pesquisa EMBRAPA en Cascata (lat. S 31°24', long. W 52°21', 244 m).

Para cuantificar numéricamente el riesgo probable de daños por heladas se utilizó el Índice de Peligrosidad de Heladas (IPH) desarrollado por PASCALE & DAMARIO (1958) y recientemente ajustado por PASCALE *et al.* (1997), el cual provee una apreciación agroclimática comparativa del riesgo según especies y regiones frutícolas, tomando en consideración la fecha media de plena floración del o de los cultivares más representativos en cada lugar.

Tabla 1. Variación en las fechas de plena floración de manzanos en la Estación Experimental de São Joaquim (EPAGRI).

Cultivar	Plena floración
Braeburn	18/9 al 6/10
Catarina	20/9 " 10/10
Gala	21/9 " 17/10
Fuyi	25/9 " 20/10
Sansa	25/9 " 15/10
Golden Delicious	2/10 " 24/10

Tabla 2. Variación de fechas medias de plena floración de durazneros en Cascata (EMBRAPA).

Cultivares de floración	Período de plena floración	Cultivares representativos para consumo fresco *
Muy Temprana	18/7 al 23/7	Flordaprince - Maravilha
Temprana	27/7 " 5/8	Premier - Pampeano-Sentinela -Chirua
Intermedia	11/8 " 17/8	Pilcha - Chimarrita - Br 3 - Vila Nova - Guaica
Tardía	21/8 " 25/8	Sinuelo - Br 2 - Chula - Marli - Marfim - Chinoca - Coral
Muy tardía	30/8 " 31/8	Planalto - Della Nona - Chiripa

*Los cultivares de duraznero para conserva tienen su plena floración media entre 22/7 y el 25/8.

En el IPH se vinculan los tres aspectos involucrados en el problema. El primero considera la duración media en días de los distintos procesos fenológicos, desde las manifestaciones de prefloración (yemas cerradas mostrando el color de sus pétalos) hasta principios de fructificación (frutitos verdes creciendo). Las duraciones adoptadas para manzanos y durazneros son las que figuran en la Tabla 3, las cuales han sido calculadas a partir de observaciones fenológicas detalladas de varias regiones frutícolas de la Argentina.

El segundo aspecto del Índice se refiere a que las temperaturas mínimas capaces de provocar daños son variables y con intensidad decreciente a medida que el proceso fenológico avanza hacia la fructificación. Los valores de mínimas críticas establecidos por YOUNG (1947), todavía universalmente aceptados como niveles de daños, son los que se utilizan aquí para calcular el IPH y se indican en la Tabla 3 para ambas especies y momentos fenológicos.

Por último, para obtener el IPH se debe calcular la probabilidad de ocurrencia de las temperaturas mínimas iguales o inferiores a cada nivel crítico en las fechas inicial y final de la parte del proceso que es afectada por cada nivel térmico. La diferencia entre esas probabilidades será una medida de la afectación parcial por cada nivel. El IPH se obtiene

por la suma de las tres probabilidades parciales y, teóricamente, valoraría el riesgo probable de años con daño por heladas durante el período de floración de frutales criófilos.

Para la aplicación del IPH a los datos de las zonas brasileñas se utilizaron las mismas duraciones del proceso fenológico de la Tabla 3, por haber encontrado cierta similitud con las establecidas para la Argentina. Las correspondientes a duraznero guardan semejanza con las registradas en Pelotas (MOTA, 1957) y en cuanto a las de manzano, a pesar de no tener información de duraciones en São Joaquim, se supone que deben ser muy parecidas a las registradas en Cipolletti, (Río Negro, Argentina), a causa de las casi iguales temperaturas medias en la época de plena floración de los cultivares más comunes en ambas regiones, Gala y Red Delicious, respectivamente, aunque podrían ser algo más dilatadas en São Joaquim por la diferencia en la amplitud térmica diaria por las disímiles altitudes.

Dado que las probabilidades con que se computa el IPH no son totalmente independientes entre sí, el resultado final sólo pretende obtener un valor de utilidad para comparaciones agroclimáticas. Tampoco valora la magnitud variable del daño acorde con la duración e intensidad de la helada. Por otra parte, las duraciones del proceso fenológico pueden variar según distintas condiciones locales, así como

Tabla 3. Duración media en días del proceso de floración del manzano y del duraznero y temperaturas mínimas críticas usadas en el cálculo del IPH.

Especies	Yemas cerradas mostrando el color de los pétalos	Floración			Frutitos verdes creciendo
		Primeras flores y comienzo	Plenitud	Fin y últimas flores	
Manzano	7	3	5	3	
Duraznero	7	6	9	6	
Manzano	-3,9°C	-3,9°C	-2,2°C	-1,7°C	-1,7°C
Duraznero	-3,9°C	-3,9°C	-2,8°C	-1,1°C	-1,1°C

los niveles de las temperaturas críticas podrán cambiarse si se dispusiera de información distinta a la de Young, aunque sin alterar la forma de cómputo del Índice.

Resultados y discusión

Las Figuras 2 y 3 muestran las curvas de probabilidad de ocurrencia de las temperaturas mínimas iguales o inferiores a los niveles indicados para manzano en São Joaquim y duraznero en Cascata y, las cuales fueron calculadas según la fecha media de los últimos registros de cada valor y su respectiva desviación típica. El cómputo de estos estadísticos se realizó tomando como origen la fecha del 1° de julio y aceptando que las fechas de últimas heladas manifiestan una distribución cuasi normal. Las cifras de probabilidad fueron corregidas teniendo en cuenta que, en ambas localidades, ciertos niveles no se producen en la totalidad de los años de registro, como se indica en la Tabla 4.

Con la información fenológica y climática precedente se computaron los IPH de cada lugar y se realizaron los gráficos correspondientes.

Como lo muestra la Figura 4 en la fecha normal de plenitud de floración de manzano Gala en São Joaquim, 4 de octubre, hay probabilidad de ocurrencia de daños en las tres etapas fenológicas. De acuerdo con las duraciones indicadas en la Tabla 3, las temperaturas mínimas iguales o menores a $-3,9^{\circ}\text{C}$ actúan desde los 10 días anteriores al comienzo de la plenitud, en este caso con la probabilidad muy reducida de 1,04%, que corresponde al día 22 de setiembre, hasta el 0,32% correspondiente al 1° de octubre, a partir del cual la incidencia perjudicial es asignada a mínimas iguales o menores a $-2,2^{\circ}\text{C}$. Es decir, la probabilidad de afectación por heladas iguales o menores a $-3,9^{\circ}\text{C}$ será $1,04\% - 0,32\% = 0,72\%$. De igual manera, el efecto de mínimas iguales o inferiores a $-2,2^{\circ}\text{C}$ durante los 5 días de plena floración será: $4,94\% - 3,53\% = 1,41\%$ y, por fin, será de 5,62% la probabilidad de daño en la fructificación por heladas iguales o menores a $-1,7^{\circ}\text{C}$. El IPH final será la suma de los 3 residuos parciales: $0,72\% + 1,41\% + 5,62\% = 7,75\%$

En cambio, la Figura 5 muestra que para la fecha normal de plena floración de durazneros semiprecoces en Cascata, 14 de agosto, solamente pueden esperarse daños con una probabilidad de

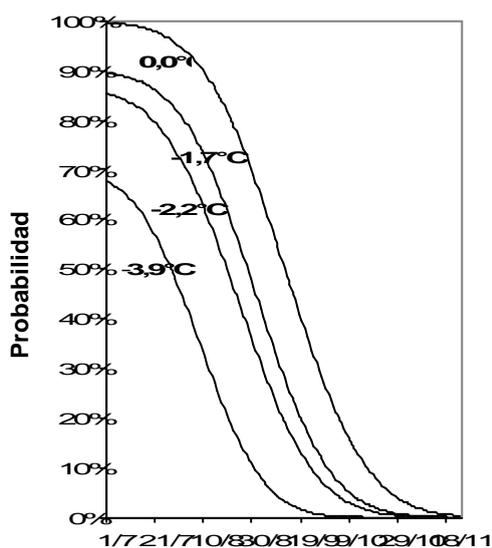


Figura 2. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas por debajo de los niveles críticos para manzano y de la última helada de 0°C en São Joaquim.

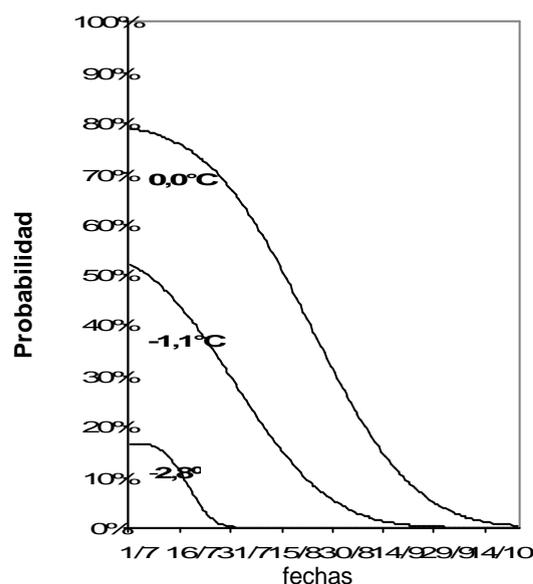


Figura 3. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas por debajo de los niveles críticos para duraznero y de la última helada de 0°C en Cascata.

Tabla 4. Valores climáticos del régimen de heladas

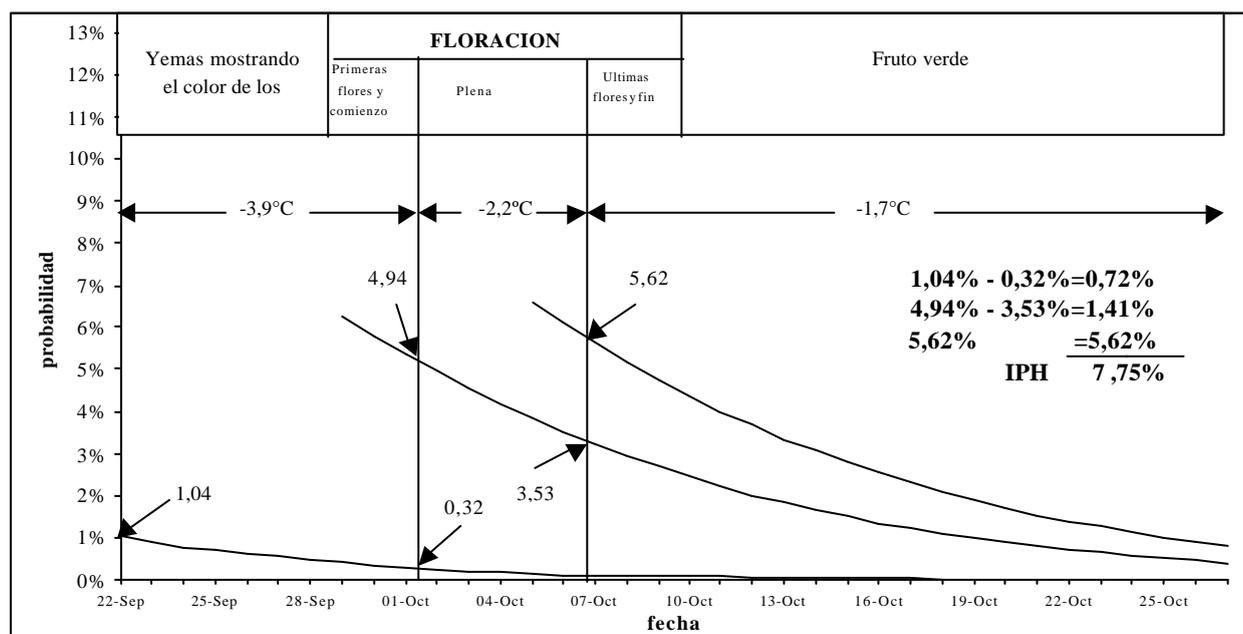
Localidad y período	Nivel térmico (°C)	Fecha media	Desviación típica (días)	Número de años sin ocurrencia	Probabilidad corregida de la media (%)
São Joaquim 1969-98	0	13/9	25,68	0	50
	-1,7	1/9	24,11	3	45
	-2,2	25/8	24,68	4	43
	-3,9	9/8	20,70	9	35
Cascata 1969-98	0	24/8	23,86	6	40
	-1,1	2/8	22,03	13	28
	-2,8	19/7	5,67	25	8
	-3,9	Sin ocurrencia en el período			

11,73% en el subperíodo de fructificación, ya que en esa área la probabilidad de ocurrencia de heladas $\leq -3,9^{\circ}\text{C}$ es nula durante los años analizados y, en cuanto a la de iguales o menores a $-2,8^{\circ}\text{C}$, tampoco se registró su ocurrencia en la plenitud de floración después del 9 de agosto. Por lo tanto, esa probabilidad de 11,73% será el valor del IPH.

Como se dijo, el IPH representa teóricamente el porcentaje probable de años con riesgo de daño por heladas primaverales para las fechas medias de floración más comunes de las especies criófilas de cada lugar. Así, en São Joaquim el daño en manzano Gala sería de aproximadamente 1 vez cada 13 años y en Cascata se podrá esperar daños por heladas en durazneros semipreoces, una vez cada 8,5 años.

Para estimar la peligrosidad de las heladas durante períodos de floración de otros cultivares de las especies consideradas, se incluyen las Tablas 5 y 6 como aplicación agroclimática puntual del IPH en las áreas de este análisis. En ambas se resaltan los valores correspondientes a las fechas normales de plena floración y se indican los riesgos por heladas en fechas anteriores y posteriores a las mismas. Obsérvese el aumento del riesgo cuando el anticipo es de 15 días a la fecha media de plena floración el que sería, aproximadamente, de 1 vez cada 4 años para ambos lugares.

Ambos cálculos de IPH se incluyen en los gráficos de las Figuras 4 y 5 mencionadas.

**Figura 4.** Cálculo del IPH para plena floración del manzano el 4 de octubre en São Joaquim (SC, Brasil).

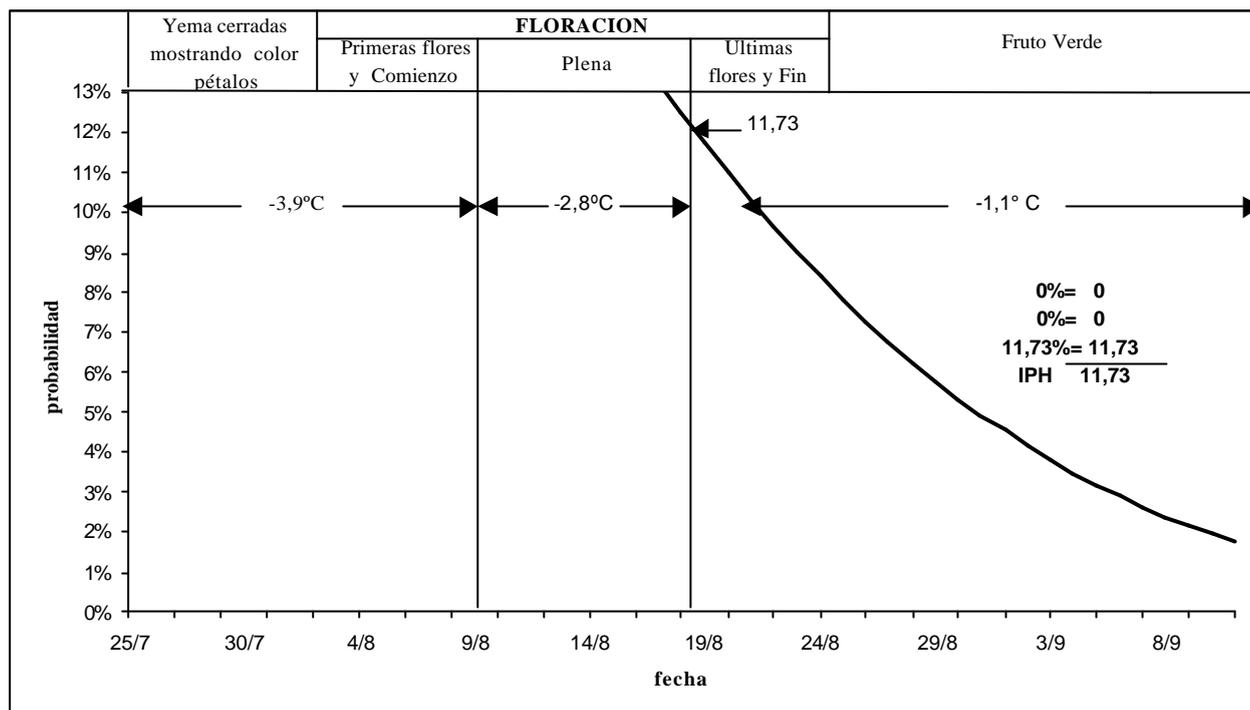


Figura 5. Cálculo del IPH para plena floración del duraznero el 14 de agosto en Cascata (RS, Brasil).

La utilización del IPH para establecer comparaciones de riesgo en distintas regiones geográficas se ejemplifica en la Figura 6. Se grafican las variaciones del IPH indicadas en la Tabla 5 para el manzano en São Joaquim, frente a las correspondientes a la región manzanera argentina de

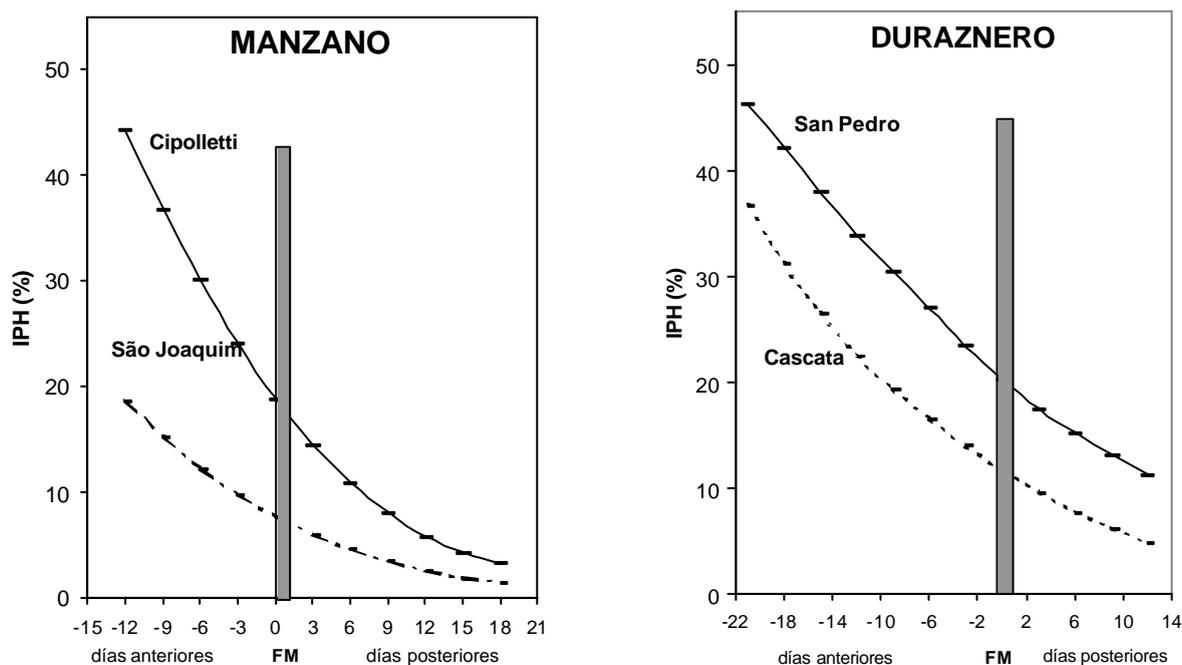
Cipolletti (lat. S 38° 57', long. W 67° 59', 265 m), igualando las fechas medias de floración en ambos lugares, 4/10 y 29/9 (FM), respectivamente, e indicando los valores de índices para fechas de plenitud en igual cantidad de días antes o después. Similar comparación se realiza con los valores de la Tabla 6

Tabla 5. Índice de peligrosidad de heladas para manzanos en São Joaquim (SC, Brasil).

Fecha central de plena floración	-3.9° C ó inferior desde yemas cerradas a plenitud de floración	-2.2° C ó inferior durante plena floración	-1.7° C ó inferior para fruto verde creciendo	I.P.H. %
16/9	3,85	3,63	19,38	26,86
19/9	3,07	3,22	16,27	22,56
22/9	2,39	2,81	13,49	18,69
25/9	1,83	2,43	11,05	15,30
28/9	1,37	2,05	8,93	12,35
1/10	1,01	1,72	7,13	9,86
4/10	0,72	1,41	5,62	7,75
7/10	0,50	1,15	4,37	6,02
10/10	0,35	0,92	3,35	4,62
13/10	0,24	0,72	2,54	3,50
16/10	0,13	0,56	1,90	2,59
19/10	0,10	0,43	1,40	1,93
22/10	0,08	0,33	1,01	1,42
25/10	0,04	0,21	0,73	0,98
28/10	0,02	0,17	0,51	0,70
31/10	0	0,10	0,40	0,50

Tabla 6. Índice de peligrosidad de heladas para durazneros en Cascata (RS, Brasil).

Fecha central de plena floración	-3.9° C ó inferior desde yemas cerradas a plenitud de floración	-2.8° C ó inferior durante plena floración	-1.1° C ó inferior para fruto verde creciendo	I.P.H. %
18/7	0	8,65	37,32	47,18
21/7	0	7,69	34,42	42,11
24/7	0	5,39	31,40	36,79
27/7	0	2,97	28,33	31,30
30/7	0	1,29	25,26	26,55
2/8	0	0,43	23,25	23,68
5/8	0	0,11	19,35	19,46
8/8	0	0,02	16,60	16,62
11/8	0	0	14,05	14,05
14/8	0	0	11,73	11,73
17/8	0	0	9,65	9,65
20/8	0	0	7,82	7,82
23/8	0	0	6,24	6,24
26/8	0	0	4,91	4,91
29/8	0	0	3,80	3,80
1/9	0	0	2,90	2,90
4/9	0	0	2,17	2,17
7/9	0	0	1,60	1,60
10/9	0	0	1,16	1,16

**Figura 6.** Comparación de los IPH de las localidades argentinas, San Pedro y Cípolletti y brasileñas, Cascata y São Joaquim según las plenitudes de floración. FM: Fecha media de floración.

para duraznero en Cascata frente a los IPH de la zona duraznera argentina de San Pedro (lat. S 33° 41', long. W 59°44', 28 m), con fechas medias de 14/8 y 31/8 (FM), respectivamente.

La comparación indica que la peligrosidad de las heladas es mayor en la Argentina para las localidades de comparación, si se enfrentan normales primaverales fenológicas y climáticas de riesgo por heladas, tanto en manzano como en duraznero.

Conclusiones

Las áreas del sur de Brasil destinadas a la fruticultura de especies criófilas con cultivares de poca exigencia en frío, motivo de este análisis, tienen una reducida probabilidad de ocurrencia de daño por heladas perjudiciales durante el período de floración-fructificación. La aplicación del Índice de Peligrosidad de Heladas (IPH) determinó:

- Considerando la fecha media de plena floración, el manzano Gala en São Joaquim (SC) podría ser afectado levemente desde los momentos previos a la floración hasta el comienzo de fructificación con una periodicidad estadística de 1 vez cada 13 años.

- El duraznero en Cascata (RS) en la fecha promedio de floración de los cultivares semiprecozes, podría ser afectado por niveles térmicos críticos sólo durante el comienzo de fructificación, con daño probable 1 vez cada 8 ó 9 años.

- Comparativamente, ambas áreas brasileñas tienen un menor riesgo de daño por heladas al que se registra para cultivos similares en la Argentina, manzano en Cipolletti y duraznero en San Pedro .

Agradecimientos

Los autores agradecen muy especialmente a los colegas brasileños, Fernando Silveira da Mota, Vera Lúcia da Silva, Nazaro Viera Lima y Flávio Gilberto Herter la provisión de la información fenológica y meteorológica utilizada.

Referencias bibliográficas

- DAMARIO, E.A., PASCALE, A.J., BELTRÁN, A. **Disponibilidad de "horas de frío" en el Estado de Río Grande do Sul.** CONGRESO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGÍA, 11. y REUNIÓN LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis : Sociedad **Brasileira de Agrometeorologia** 1999. v. 1, p. 136-142.
- DENARDI F., CAMILO A.P., PEREIRA A.J., **Recomendação de cultivares para o Estado de Santa Catarina.** Florianópolis : EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuaria e Extensão Rural de Santa Catarina, 1999/2000. 96-99 p. (Boletín técnico n. 103).
- IDE, B.Y., ALTHOFF, D.A., THOMÉ, U.M.R. et al. **Zoneamiento Agroclimático do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis : Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuaria S.A., 1980. 106 p.
- MOTA, F.S. da. **A cultura do pessegueiro e o clima de Pelotas.** Pelotas : Instituto Agronômico do Sul, 1956. (Circular n. 6, n. 18).
- MOTA, F.S. da. **Os invernos de Pelotas, RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas.** Instituto Agronômico do Sul : Pelotas, 1957. (Boletim Técnico n. 18).
- MOTA, F.S. da, BEIRSDORF, M.I.C., ACOSTA, M.J. C *et al.* **Zoneamiento Agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Pelotas : EMBRARA, 1974. n. 50. I: 80 p. y II: 122 p. (Circular n. 50).
- PASCALE, A.J., DAMARIO, E.A. **Fecha de floración en frutales y probabilidad de daño por heladas.** CONGRESO FRUTÍCOLA ARGENTINO, Buenos Aires, 1958, **Actas...**, : Buenos aires, 1958, 22 p.
- PASCALE A.J., DAMARIO, E.A., BUSTOS, C.A. Índice agroclimático de peligrosidad de heladas primaverales en frutales. **Revista Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v. 17, n. 1, p. 25-30, 1997.
- PASCALE, A.J., DAMARIO, E.A., BELTRÁN, A. **Posibilidad de cultivos criófilos en la cuenca rioplatense y sudeste de Brasil.** REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGÍA, 8., 2000, Mendoza, Argentina. **Anales...**, Mendoza : Asociacion Argentina de Agrometeorologia, (CD:71).
- YOUNG, F.D. **Frost and the prevention of frost damage.** Washington : United States Department of Agriculture, 1947. p. 1-65. (Farmers Bulletin 1588).