

# DISPONIBILIDAD DE “HORAS DE FRÍO” EN EL ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL

Edmundo A. DAMARIO\*, Antonio J. PASCALE\* y Adriana BELTRÁN\*

## RESUMEN

Mediante una metodología agroclimática original que utiliza las temperaturas mínimas medias mensuales climáticas, se computa la acumulación de “horas de frío” durante el período de descanso de frutales criófilos para el Estado de Rio Grande do Sul .

La disponibilidad regional de “horas de frío efectivas” varía entre 0 y algo más de 900, mayormente de acuerdo con las diferencias altimétricas.

Palabras Clave: “horas de frío”, período de descanso, frutales criófilos.

## SUMMARY

Chilling hours for the rest period of high-chill fruit crops are computed for Rio Grande do Sul using an original agroclimatic methodology based on mean minimum monthly temperatures. Effective chilling hours vary between 0 and 900, mainly due to differences in height.

Key words: “chilling hours”, rest period, high-chill fruit crops.

## INTRODUCCIÓN

La particular topografía del territorio del Estado de Rio Grande do Sul, desde el nivel del mar hasta algo más de 1200 m de altitud en la región nororiental determina, en concordancia, una gran variación en la disponibilidad regional de “horas de frío” cuyo conocimiento es útil para el establecimiento de cultivos frutales con exigencia de enfriamiento durante el período de reposo invernal.

La distribución geográfica de las “horas de frío” en el territorio riograndense ha sido presentada en el pasado por medio de tres cartas agroclimáticas. La primera de ellas fue publicada en 1974 (Mota *et al.*, 1974) sobre una estimación de “horas de frío efectivas” anuales inferiores a 7,2°C obtenidas según el método gráfico de Damario (1969). Posteriormente, sobre la base de recuentos en registros termográficos del período 1970-79 en estaciones agrometeorológicas, Didoné *et al.* (1987) computaron las “horas de frío”  $\leq 7^{\circ}\text{C}$  y  $\leq 10^{\circ}\text{C}$ , valores que aparecieron reproducidos y cartografiados en el Atlas Agroclimático (IPAGRO, 1989). La última contribución en el tema apareció en 1992 (Mota, 1992) en la cual las “horas de frío” fueron calculadas mediante una

---

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

fórmula que las relaciona con las temperaturas medias de julio. La carta agroclimática confeccionada con esta información, que muestra isolíneas más detalladas que las anteriores, apareció reproducida dos años más tarde en el libro *Clima, Agricultura e Pecuária* (Mota y Maracci Zalher, 1994). Las tres cartas mencionadas presentan diferencias, no tanto en la ubicación de las áreas con mayor o menor disponibilidad de enfriamiento sino en cuanto a la magnitud de los valores puntuales de “horas de frío”.

Esta discordancia fue el motivo que impulsó a desarrollar una nueva carta agroclimática de “horas de frío” para este Estado brasileño, aplicando la metodología de estimación que sirvió para trazar la carta para la Argentina (Damario y Pascale, 1995). Tal es el objetivo del presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODO

Tanto los valores climáticos de las temperaturas medias como los de las mínimas medias mensuales se han considerado estimadores confiables de “horas de frío” (HF) tanto para la Argentina (Pascale y Aspiazú, 1965; Damario, 1969), como para el Brasil (Mota, 1992; Guidoni *et al.*, 1982).

El método de estimación (Damario *et al.*, 1998) que se utiliza en este trabajo para trazar la carta de HF de Río Grande do Sul consiste en una fórmula numérica mediante la cuál se puede estimar el total acumulado en los cinco meses del período de descanso de frutales criófilos que, en áreas frutícolas del Hemisferio Sur, se extiende de mayo a septiembre. La fórmula presenta coeficientes variables según la magnitud del resultado, a saber:

---

$$I) HF (1000) = 3929,918 - 54,863 T5 - 372,3126 T12 + 1,8589 (T5 \times T12) + 0,2438 (T5)^2 + 9,3897 (T12)^2$$

$$II) HF (2000) = 3954,044 + 130,7831 T5 - 511,3522 T12 - 21,9695 (T5 \times T12) + 5,9973 (T5)^2 + 24,2979 (T12)^2$$

donde: T5 = promedio climático de las temperaturas mínimas medias mensuales de mayo a setiembre.

T12 = temperatura mínima media anual climática.

La fórmula II debe usarse cuando el resultado de la I supere las 1000 HF

---

La información climatológica utilizada en el análisis para Rio Grande do Sul provino de dos fuentes: de 42 estaciones meteorológicas (IPAGRO, 1989) y 25 agrometeorológicas, algunas coincidentes en ubicación con las anteriores (IPAGRO, 1979) e información proporcionada por M. A. Berlato\*, con períodos variables desde 1931 hasta 1997.

Las estimaciones se efectuaron con el período treintañal 1931-60, con la finalidad de comparar las cartas anteriores con la resultante del método utilizado en este trabajo.

---

\* Los autores agradecen al Dr. M. A. Berlato el envío de la información climática de las estaciones agrometeorológicas.

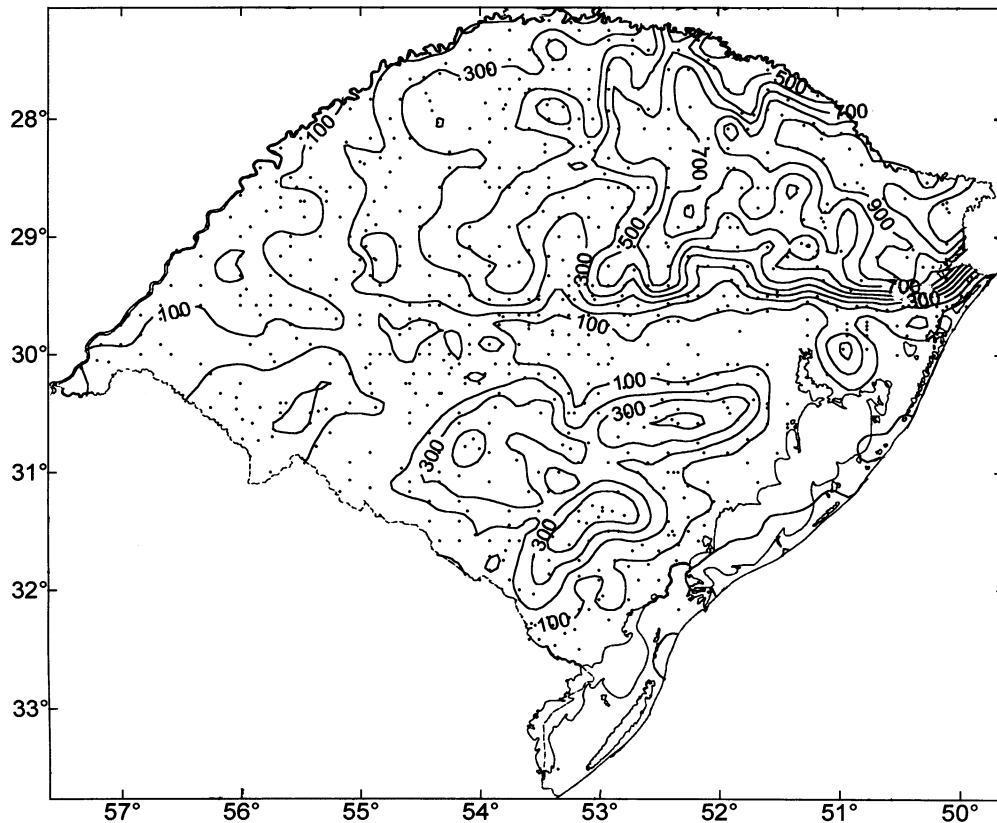


Figura 1. Ubicación de los 743 puntos seleccionados para trazar la carta altimétrica. Isohipsas en m.s.n.m.

Los valores de HF estimados para esta información con las fórmulas mencionadas, se incorporaron a un programa de computación SurferWin.3.2 Versión 6.04 para trazar la carta respectiva. La trayectoria de las isolíneas mostradas por esta carta no se ajustaba a la topografía regional, por lo que fue necesario ampliar la cantidad de información, siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación:

- 1) A partir del mapa topográfico del Estado de Rio Grande do Sul, Escala 1:750.000 (CEMAPA, 1966), se seleccionaron 743 puntos repartidos uniformemente por todo el territorio (Figura 1), cuyas coordenadas geográficas y altitudes aproximadas se utilizaron para trazar la carta hipsométrica.
- 2) Las T5 y T12 de estos 743 puntos se calcularon mediante las fórmulas de regresión dadas por Estefanel *et al.* (1973), obtenidas de series climáticas que incluyen el período 31-60, excluyéndose también, según lo indican, el litoral oceánico.

A la información de T5 y T12 de las 810 localizaciones (estaciones meteorológicas, agrometeorológicas y puntos), se le aplicó el programa Surfer para obtener la carta agroclimática de HF totales, acumuladas en el período 1° de mayo – 30 de setiembre.

Cuadro N° 1. Reducción porcentual de las HF totales para estimar las “horas de frío efectivas”, según la cantidad de meses a considerar, desde mayo a setiembre.

Meses con temperaturas medias inferiores a 14°C ó máximas medias inferiores a 21° C.	Reducción media de la suma de HF totales (%)
0 mes	100
1 mes	70
2 meses	45
3 meses	25
4 meses	10
5 meses	0

Considerando que no todas las HF así obtenidas tienen efecto vernalizante efectivo, porque algunas corresponden a meses en que la totalidad o la mayor parte de los días registran temperaturas máximas devernalizantes, se les aplicó una corrección basada en el criterio que asigna efecto negativo o anulador del enfriamiento a las temperaturas medias mensuales mayores a los 14°C o temperaturas máximas medias mensuales superiores a 21°C. Este criterio, que reconoce cierto fundamento biológico, fue utilizado en la Argentina (Damario *et al.*, 1998; Damario y Pascale, 1999\*) para estimar las “horas de frío efectivas” (HFE), aplicando un porcentaje de reducción a las HF totales según los meses con efecto devernalizante, dentro de los cinco considerados (Cuadro N° 1). Los porcentajes de reducción se confirmaron para 47 estaciones riograndenses, lo que permitió trazar una carta de reducción que, superpuesta a la de HF totales produjo la carta de HFE.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra que el rango estimado de HF totales en el Estado de Rio Grande do Sul va desde poco menos de 200 hasta algo más de 900 en el área del noreste, coincidente con las mayores altitudes. Hacia el sur y oeste de ésta área, hay una paulatina disminución de las HF, interrumpida solamente en aquellas situaciones donde aparecen mayores alturas. La parte central y occidental del territorio estatal, que térmicamente tiende a asemejarse a la región nororiental argentina, registra entre menos de 100 hasta 400 HF, con excepción del área de Encruzilhada do Sul y Piratini y alrededores, donde nuevamente la altura provoca un aumento en la disponibilidad.

Las HF obtenidas en este análisis para las estaciones agrometeorológicas difieren mayormente de las presentadas por Didoné *et al.* (1987). En el Cuadro N° 2 puede advertirse que las cifras en algunos casos son similares y en otros acusan grandes diferencias, especialmente para aquellas situaciones ubicadas en el área de mayor altitud del noreste.

---

\* Damario E.A. y A.J. Pascale 1999 Cartas agroclimáticas de “horas de frío” en la región serrana de la provincia de Córdoba. *Rev. AgriCiencia*, Córdoba, XV. En prensa.

Cuadro N° 2. “Horas de frío” (Didoné *et al.* 1978) y las estimadas (Damario *et al.* 1998), según los valores de T5 y T12 del período 1970-1979 para algunas estaciones agrometeorológicas.

Localidad	“horas de frío” de termogramas	“horas de frío” estimadas	T5	T12
Erexim	264	455	9,8	12,5
Farroupilha	492	695	7,9	11,1
Ijuí	140	170	11,9	15,0
Júlio de Castilhos	300	370	9,8	13,3
Quaraí	610	361	9,6	13,4
São Borja	120	203	11,0	14,8
São Gabriel	232	361	9,8	13,4
Taquari	177	214	11,1	14,7
Vacaria	536	881	6,9	10,2
Veranópolis	284	482	9,3	12,4
Uruguaiana	265	256	10,7	14,3

Las cifras proporcionadas por Didoné *et al.* (1987) muestran diferencias entre las localidades que no resultan fáciles de explicar dada la directa relación que existe entre la intensidad del invierno y las HF. Así, por ejemplo, dan para Vacaria 536 HF (una localidad con invierno frío (T5= 6,9°C; T12= 10,2°C), es decir, 74 horas menos que las señaladas para Quaraí (T5= 9,6°C; T12= 13,4°C), una localidad ubicada en una área más caliente. Lo mismo sucede si se compara Veranópolis (T5= 9,3°C; T12= 12,4°C) con Uruguaiana (T5= 10,7°C ; T12= 14,3°C) que acusan similar cantidad de HF. Estas diferencias, entre otras, ponen una duda razonable sobre la exactitud de los cómputos termográficos utilizados.

La Figura 3, que muestra la disponibilidad de enfriamiento efectivo en Rio Grande do Sul, se obtuvo aplicando los porcentuales de reducción del Cuadro N°1 a toda la información con la cual se trazó la carta de HF totales. Las mayores reducciones, de acuerdo con las temperaturas devernalizantes invernales, se producen en las áreas próximas al río Uruguay y en el NW del Estado. Las menores coinciden con las elevaciones del NE y del sur. Esta carta difiere con la publicada por Mota (1992), mayormente en el área nororiental a la que adjudica algo más de 675 HF. Sin embargo en el trabajo de 1994, donde se reproduce esa carta, ubica las áreas más favorables para manzano en la zona de los municipios de Bom Jesus y Cambará do Sul con más de 900 HF, lo que coincidiría con nuestra estimación.

La coincidencia marcada para esa área noreste entre la Figura 3 y la presentada por Mota en 1974 no merece ser tenida en cuenta, debido a que ambas estimaciones provienen de una misma metodología de estimación (Damario, 1969).

En las cartas de las Figuras 2 y 3 las isolíneas se interrumpen en el litoral oceánico, indicándose sólo el valor de HF estimadas en las estaciones costeras.

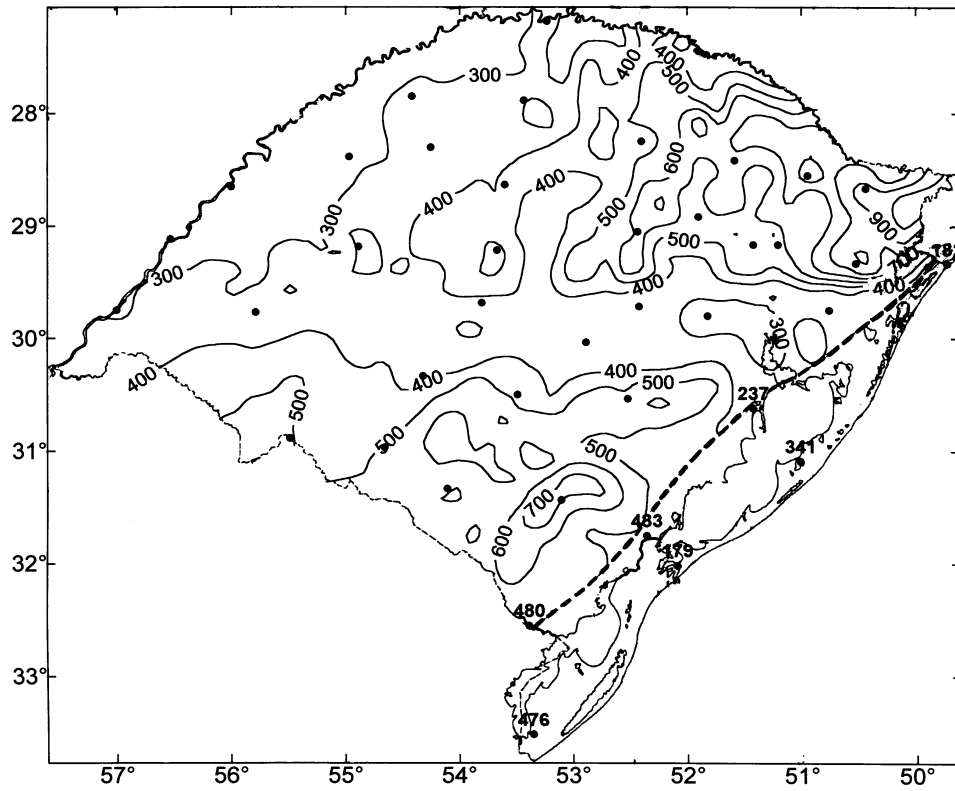


Figura 2. “Horas de frío” acumuladas entre mayo y setiembre para el Estado de Rio Grande do Sul. y ubicación de las estaciones meteorológicas.

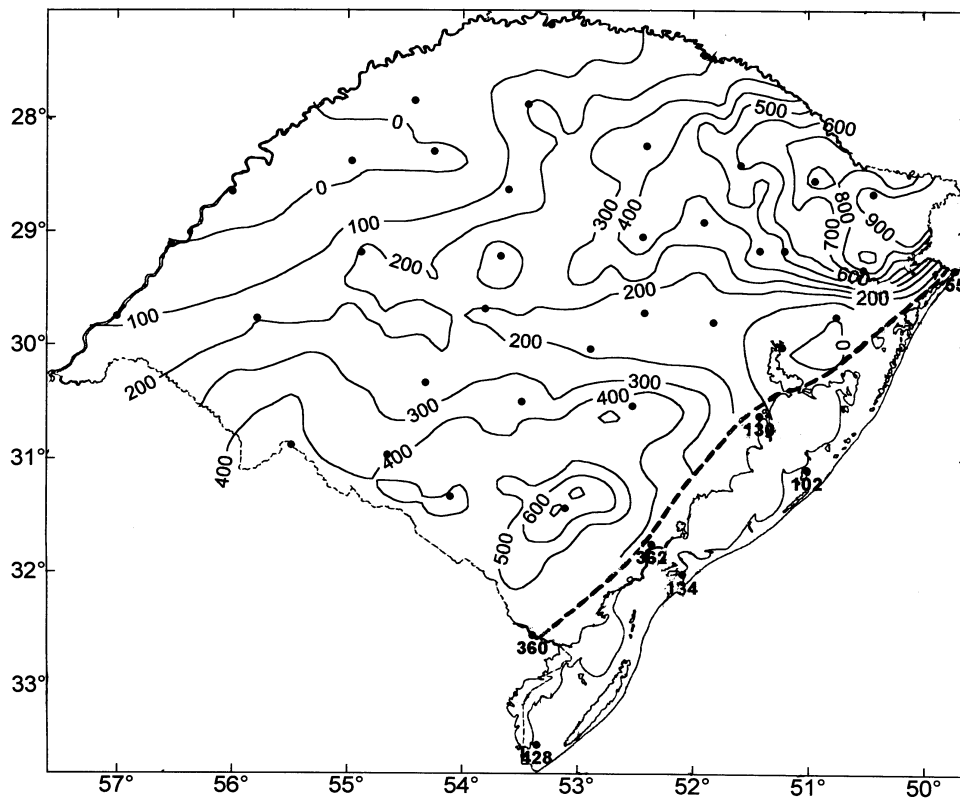


Figura 3. “Horas de frío efectivas” acumuladas entre mayo y setiembre para el Estado de Rio Grande do Sul.

## CONCLUSIONES

Durante el período anual de temperaturas con nivel vernalizante, la disponibilidad de “horas de frío efectivas” en el Estado de Rio Grande do Sul varía entre 0 y algo más de 900.

La región con mayor disponibilidad se ubica en el noreste en coincidencia con las mayores altitudes, donde en el período de descanso invernal las temperaturas medias mensuales tienen siempre efecto vernalizante. Las regiones con menor disponibilidad se encuentran en las áreas bajas influenciadas por situaciones hidrográficas fluviales y al noroeste, donde la disponibilidad de HFE es muy reducida o nula.

La distribución territorial de la intensidad del enfriamiento invernal podrá ser usada para planificar la ubicación de cultivos frutales criófilos, siempre que las demás condiciones termohídricas y de suelo resulten adecuadas. Además, no debe olvidarse que el método es estimativo y pensado para proveer aproximaciones de utilidad agroclimática regional.

## BIBLIOGRAFÍA

- CEMAPA. Estado do Rio Grande do Sul, Conselho Nacional de Geografia. Esc. 1:750.000, 1996
- DAMARIO, E.A.. Carta estimada de “horas de frío” de la República Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía y Veterinaria*, Buenos Aires, 17(2):25-38, 1969
- DAMARIO E. A.; A. J. PASCALE. Nueva carta agroclimática de “horas de frío” de la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía*, Buenos Aires, 15(2-3):219-225, 1995
- DAMARIO E.A.; A.J. PASCALE; C. BUSTOS. Método simplificado para la estimación agrometeorológica de “horas de frío” anuales. *Rev. Fac. de Agronomía*, Buenos Aires, 18(1-2):93-97, 1998
- DIDONÉ I.A.; A.C. BUENO; G.I. GESSINGER; J.R.T. MALUF; P.K. STEIGLEDER. Regime de “horas de frío” no Estado do Rio Grande do Sul. *Agronomía Sulriogradense*, Porto Alegre, 23(2):115-129, 1987.
- ESTEFANEL V.; G.A. BURIOL; E.H.S. PINTO. Estimativas das medias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, 3(1-4):1-20, 1973
- GUIDONI A.L.; E.R. FEITOZA; F. SANTIBAÑEZ QUESADA; E.J.M. AZEVEDO. Estimativa de “horas de frío” abaixo de 7,0°C no Estado de Espiritu Santo. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 17(12):1695-1700, 1982.
- IPAGRO. Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura Porto Alegre, *Boletín Técnico* N° 3, 271 p., 1979.
- IPAGRO. Atlas agroclimático. Estado do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Agronómicas, Seção de Ecología Agrícola. Porto Alegre, 3 vol., 1989.
- MOTA F.S. DA; M.I.C. BEIRSDORF; M.J. CARNEIRO ACOSTA; M.A. MOTTA; S.L. WESTPHALEN. Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catalina. EMBRAPA. Circular N° 50. Vol.2 p. 15., 1974.
- MOTA F.S. DA. Mapeamento de “horas de frío” para indicação do cultivo de fruteiras criófilas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 14(3):82-89, 1992.
- MOTA F.S. DA; P. J. MARACCI ZAHLER. Clima, Agricultura e Pecuária no Rio Grande do Sul. 166 p. Pelotas. Editorial Livraria Mundial, 1994.
- PASCALE A.J.; C. ASPIAZÚ. Régimen de “horas de frío” durante el invierno de Buenos Aires. *Rev. Fac. de Agronomía y Veterinaria*, Buenos Aires, 16(2):63-82, 1965