

# METODO SIMPLIFICADO PARA LA ESTIMACION AGROCLIMATICA DE "HORAS DE FRIO" ANUALES

A. DAMARIO, A.J. PASCALE y C. BUSTOS<sup>1</sup>

Recibido: 04/07/98

Aceptado: 30/07/98

## RESUMEN

Se desarrolla una fórmula exponencial de segundo grado para simplificar el método gráfico de estimación de las "horas de frío" (HF) anuales. El modelo utiliza el promedio climático de las temperaturas mínimas medias de los 5 meses más fríos, considerado como período de descanso invernal y la temperatura mínima media anual. La correlación entre las HF estimadas gráficamente para 124 localidades argentinas y las calculadas con la fórmula dio  $R^2 = 0,997$ , altamente significativo, y un error típico de sólo 14 HF para los casos hasta 1000 HF. Para casos entre 1000 y 2000 HF se desarrolló otro modelo con diferentes coeficientes ( $R^2 = 0,985$  y  $S_y = 26$  HF). En ambos casos los errores individuales no superaron el 5%, sin significación agroclimática.

**Palabras Clave:** "horas de frío" efectivas, período de descanso, modelo de estimación

## SIMPLIFIED METHOD FOR ANNUAL "CHILLING HOURS" ESTIMATION

### SUMMARY

A simplification of the graphic method for "chilling hours" (HF) accumulation during the rest period of fruit crops, using an exponential quadratic equation was developed. Mean minimum temperature average of the five coldest month and the mean annual minimum temperature were integrated in two models until 1000 HF and 1000-2000 HF, respectively. The correlations between graphic and both equations values, applied to 124 argentine localities, were highly significant ( $P < 0.001$ ) with  $R^2 = 0.997$  and  $R^2 = 0.985$ , respectively. Differences without agroclimatic significance, less than 5% in all cases were computed.

**Key words:** "chilling hours", rest period, estimation model.

## INTRODUCCION

Las disponibilidades regionales de "horas de frío" (HF) durante el subperíodo de descanso de las especies criófilas, especialmente frutales, revisten una singular importancia en los estudios agroclimáticos destinados a establecer posibilidades de cultivo y/o determinar aptitud diferenciada para sus distintos cultivares.

Aunque resulta difícil establecer para los diferentes lugares la fecha de comienzo anual y la duración del descanso vegetal durante el cual se

cumple la satisfacción de las necesidades particulares de enfriamiento, es posible aceptar su ocurrencia en forma efectiva en el período correspondiente a los cinco meses más fríos, es decir, los de menores temperaturas mínimas medias.

Uno de los autores (Damario, 1969), diseñó un sistema gráfico para estimar las HF medias mensuales sobre la base de los valores climáticos del promedio de las temperaturas mínimas medias de los 5 meses más fríos y la temperatura mínima media anual. El método se comprobó al confrontar

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453. (1417) Buenos Aires.

los resultados con valores realmente registrados en distintas localidades, y se aplicó en los trabajos destinados a determinar en la Argentina las disponibilidades regionales de esta necesidad bioclimática para frutales en explotación o potencialmente posibles.

El interés principal de los estudios agroclimáticos en el tema reside en el conocimiento del total anual de las HF acumuladas en el descanso vegetal, por lo cual aquí se propone una simplificación al método de estimación original, mediante la aplicación de una fórmula que hace innecesario el cálculo mensual y permite la computación electrónica.

### MATERIALES Y METODOS

El material básico consistió en valores de HF calculados por el sistema gráfico citado, de 124 localidades de la Argentina con información climatológica para el período 1961/90 que fueran utilizadas para trazar las cartas actualizadas de HF (Damario y Pascale, 1995). Las HF totalizadas durante los cinco meses más fríos incluyen una sucesión de valores, desde 50 HF (Formosa) hasta 1990 (Puerto Deseado). Otras localidades con mayor cantidad de HF no se consideraron porque el límite máximo de 2000 HF establecido para el período de descanso, satisface con exceso las exigencias de enfriamiento de los frutales en explotación.

Dado que el método original considera sólo las temperaturas mínimas medias mensuales y su promedio anual, se probó una serie de modelos lineales y exponenciales de diferentes grados con el promedio de las mínimas medias de los 5 meses más fríos (T5) y la temperatura mínima media anual (T12).

Las regresiones múltiples se fueron ajustando mediante la utilización de distintas combinaciones con esas dos expresiones de la temperatura mínima media, en forma separada para casos hasta 1000 HF y entre 1000 y

2000 HF, validándolas por análisis de variancia hasta encontrar el menor error de estimación. El agregado de otros valores térmicos no mejoró el ajuste conseguido con T5 y T12.

### RESULTADOS Y DISCUSION

El modelo de regresión múltiple final que incluyó las localidades hasta 2000 HF anuales arrojó bajo error de estimación (significancia <0,001 P). Sin embargo, se comprobó que las mayores diferencias entre valores obtenidos por el método gráfico en comparación con los de la fórmula se encontraban en los casos de HF superiores a 1000. Por tal motivo, con los mismos términos del modelo se desarrollaron dos regresiones múltiples de segundo grado para casos de hasta 1000 HF (I) y de 1001 a 2000 HF (II), respectivamente, indicadas en esta página.

El modelo I tiene un  $R^2 = 0,9974$  y el II  $R^2 = 0,9851$ , ambos altamente significativos (<0,001 P), con errores estándar de estimación de 14 HF y 26 HF, respectivamente. Las Figura 1 y 2 muestran gráficamente la aplicación de ambas fórmulas a las 124 comparaciones que, en ningún caso, computaron diferencias de HF superiores al 5%, sin significación agroclimática.

El *modus operandi* para conocer las HF anuales de una localidad es el siguiente:

- a) disponer de los 12 valores climáticos mensuales de las temperaturas mínimas medias.
- b) computar la temperatura mínima promedio de los 5 meses más fríos y la del año.
- c) con los valores obtenidos en b) aplicar la fórmula I. Si el resultado obtenido no supera las 1000 HF, se lo considera como enfriamiento medio

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

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

donde: T5 = promedio climático de las temperaturas mínimas medias mensuales de mayo a setiembre.  
T12 = temperatura mínima media anual climática.

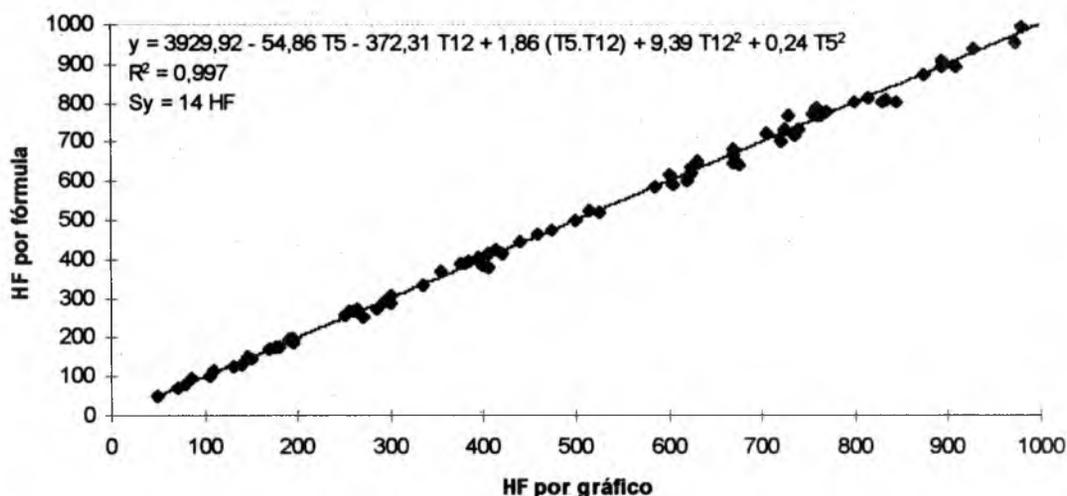


Figura 1. Valores estimados hasta 1000 HF por gráfico y por fórmula

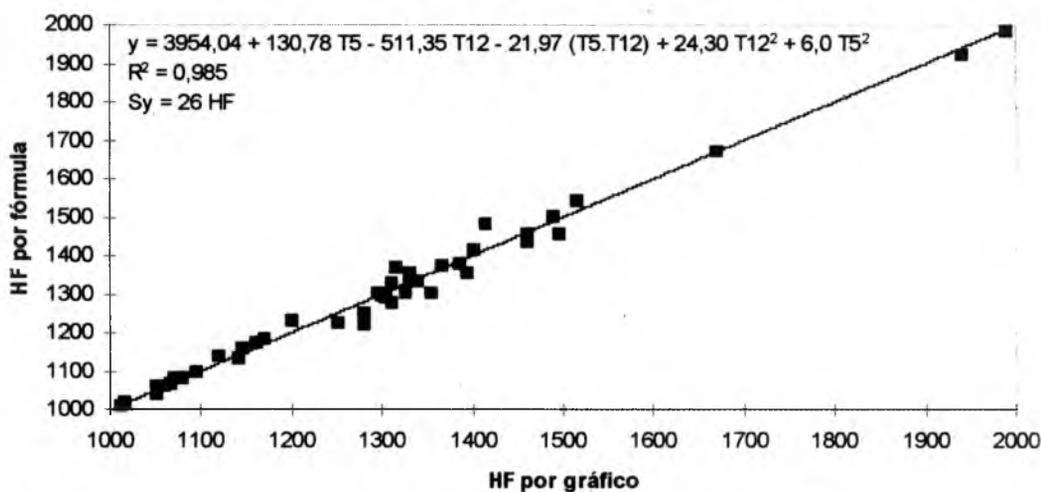


Figura 2. Valores estimados entre 1000 y 2000 HF por gráfico y por fórmula.

en el período de descanso. Si fuera mayor, se repite el cálculo estimativo aplicando la fórmula II cuyo resultado es más correcto que el anterior.

Para fines prácticos la gráfica de la Figura 3, trazada con la metodología de simplificación propuesta, permite conocer la disponibilidad aproximada de enfriamiento invernal hasta 2000 HF

durante el período de descanso de los frutales criófilos.

Es necesario recordar que los valores que se obtengan, tanto por aplicación de las fórmulas como gráficamente, indican disponibilidades medias modificables por la variabilidad térmica interanual.

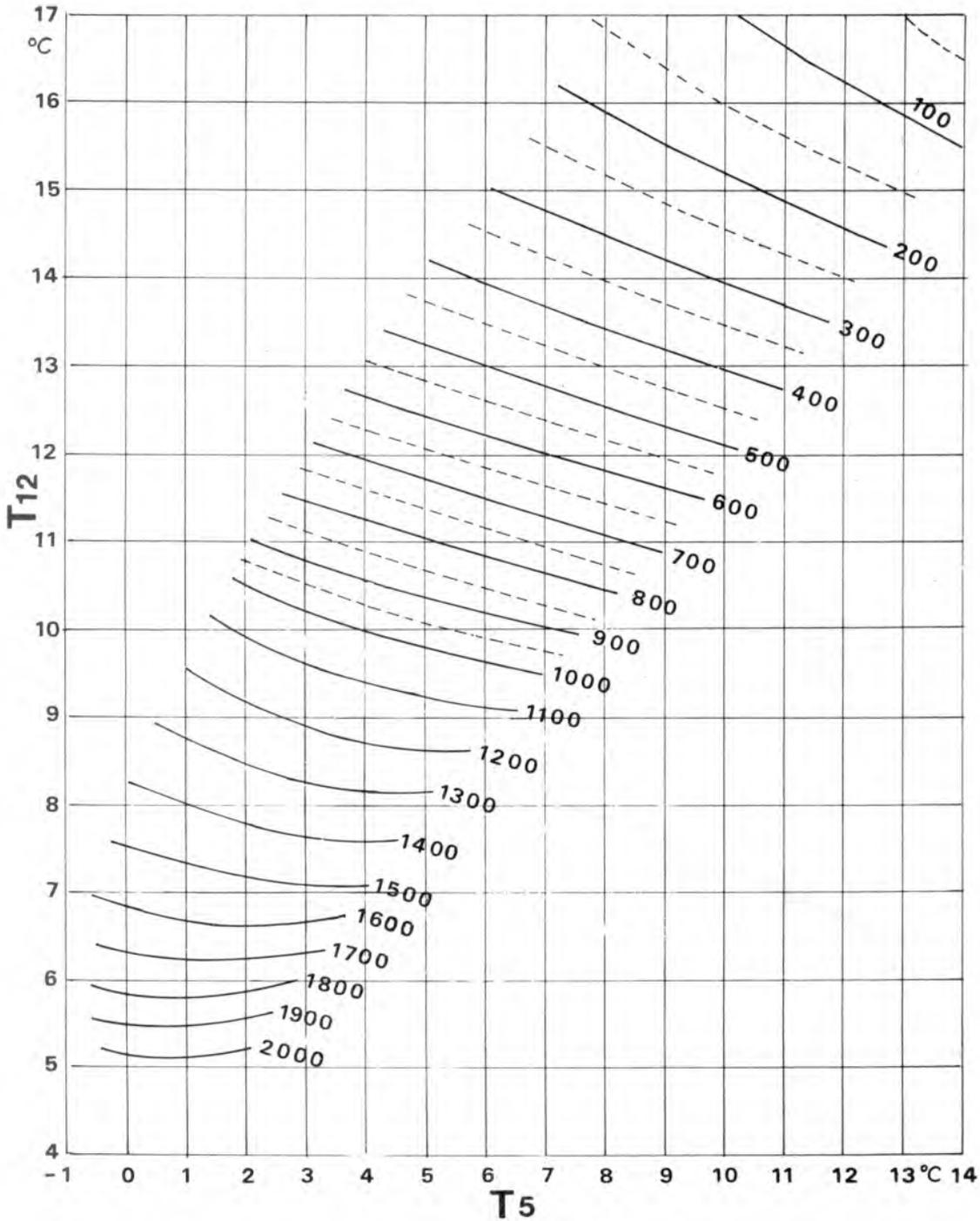


Figura 3. Gráfica para estimar aproximadamente las HF del período de descanso con  $T_5$  (promedio de las temperaturas mínimas medias de mayo a setiembre) y  $T_{12}$  (temperatura mínima media anual).

**Cuadro N° 1. Reducción porcentual de las HF anuales estimadas por fórmulas o computadas con valores horarios, 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 anuales (%)
0 mes	100
1 mes	70
2 meses	45
3 meses	25
4 meses	10
5 meses	0

Para lugares con inviernos templados donde se acumulan cantidades reducidas de HF, es importante señalar que la eficiencia del enfriamiento como satisfacción bioclimática se reduce por el efecto devernalizante de las temperaturas máximas diarias elevadas. Por esta consideración, otros métodos a partir de las "Unidades de Enfriamiento" (UE) de Richardson *et. al.*, (1974), toman en cuenta la importancia de la amplitud térmica diaria para valorar la eficiencia del enfriamiento durante el descanso invernal. Aceptando que las UE expresan con mayor precisión que las HF la disponibilidad mensual de enfriamiento efectivo, una comparación con las UE computadas a partir de temperaturas horarias de 6 localidades de la Argentina permitió comprobar que la acumulación de UE positivas es posible hasta temperaturas medias mensuales inferiores a 14° C. que, aproximada-

mente, se corresponden con temperaturas máximas medias mensuales inferiores a 21° C.

La aplicación de este concepto a 30 localidades con normales térmicas de 30 años, de las 124 utilizadas en este trabajo, resultó en los valores de reducción de las HF anuales estimadas que se indican en el Cuadro N° 1.

El resultado de la reducción aplicando los porcentajes del Cuadro N° 1 determina las "horas de frío efectivas" anuales para las localidades estudiadas.

La utilización generalizada de las HF se debe a que las temperaturas horarias para computar las UE son poco asequibles y porque, además, la mayoría de los estudios de requerimientos en frío de los cultivares de frutales criófilos se formula con esa expresión cuantitativa de horas por debajo de 7°C.

#### BIBLIOGRAFIA

- DAMARIO, E.A. (1969). Carta estimada de horas de frío de la República Argentina. *Rev de la Fac. de Agronomía y Veterinaria de Bs. As.* 17(2):25-38.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE 1995. Nueva Carta Agroclimática de "horas e frío" de la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía*, 15 (2-3): 219-225.
- RICHARDSON E.A., S.D. SEELEY and D.R. WALKER, 1974. A model for estimation the completion of rest for Red-haven and Elberta peach trees. *Hort. Science*, 9 (4) : 331-332.