

ESTIMACION DE HORAS DE FRIO PARA LA LOCALIDAD DE SAUCE VIEJO (SANTA FE, ARGENTINA): DIFERENTES MODELOS

GARCIA, M.S.¹; LEVA, P. E.¹; VALTORTA, S. E.¹; GARIGLIO, N. F.² & TOFFOLLI, G.¹

RESUMEN

El objetivo, fue estimar la cantidad de horas de frío (HFe) por distintos métodos, con el número real de horas por debajo de 7.2°C (HFr), registradas entre 1970-2007 en la Estación Sauce Viejo (31° 42' S; 60° 40' W 13 asnm) perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional. Con los registros del termohigrógrafo, se computaron las HFr diarias, durante el periodo entre 1 Mayo, 1970 y 30 Septiembre, 2007. Utilizando los modelos de Weimberger, Da Mota, Crossa-Raynaud, Sánchez-Capuchino, Sharpe, y Parton y Logan, se estimaron las HFe anuales. Las HFr promedio fueron 435. Las HFe fluctuaron entre 410 y 735, dependiendo del modelo utilizado. Los modelos que presentaron buen ajuste fueron Crossa-Raynaud; Sánchez-Capuchino y Parton y Logan. El modelo con menor error estándar fue Crossa-Raynaud (EE:18). Los modelos con altos coeficientes de determinación resultan útiles para estimar HF para la localidad de Sauce Viejo y su área de influencia.

Palabras claves: horas de frío, modelos de estimación, disponibilidad de frío.

SUMMARY

Hours of cold for Sauce Viejo (Santa Fe, Argentina): Estimation models.

The aim of this work was to estimate the hours of cold (HC), by different methods (HCe) to the using the hours below 7.2°C (HCa) recorded during the period 1970-2007, at Sauce Viejo Station (31°42'S; 60°40'W; 13 m.a.s.l.). Daily thermohygrograph data for the period between May 1st 1970 and September 30th 2007, were utilized to compute HCa. Annual HCe were estimated by different models: Weimberger, Da Mota, Crossa-Raynaud, Sánchez-Capuchino, Sharpe and Parton and Logan. Average HCr were 435. HCe fluctuated between 410 and 735, depending on the model. The models that presented good adjustment were Crossa-Raynaud, Sánchez-Capuchino and Parton and Logan. Crossa-Raynaud model showed the lowest standard error (18). The models with high determination coefficients are useful to estimate HC for Sauce Viejo and surroundings areas.

Key words: chilling hours, estimation model, availability of cold.

1.- Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Ciencias Agrarias (UNL). Kreder 2805. Esperanza, provincia de Santa Fe. Email: msgarcia@fca.unl.edu.ar

2.- Cátedra de Cultivos Intensivos. FCA (UNL).

Manuscrito recibido el 30 de marzo de 2011 y aceptado para su publicación el 26 de agosto de 2011.

INTRODUCCION

La aptitud agroclimática para la fruticultura de una región depende, en gran medida, de su régimen térmico y, en particular, de las características que adquiere este durante el período de dormición de los árboles frutales caducifolios (Rodríguez *et al.*, 1983).

En climas templados, el período de dormición o reposo se inicia a finales del otoño (Calderón, 1983) y se caracteriza por la supresión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que contenga meristemo (Lang, 1996).

Se ha comprobado que las yemas de las plantas que están en un estado de dormición profunda (endo-dormición), no salen del mismo hasta tanto no hayan recibido suficiente cantidad de frío invernal (Tabuenca, 1965).

Si la acumulación de frío durante el reposo invernal es deficiente, se producen una serie de desordenes fisiológicos, que afectan negativamente la producción de los frutales (Gariglio *et al.*, 2006).

Los requerimientos de bajas temperaturas por partes de los cultivos (Damario & Pascale, 2004) se cuantifica a través de un índice conocido como horas de frío (HF)

En la Argentina, la expansión del cultivo de frutales ha estado condicionada principalmente por dos aspectos térmicos. La suavidad del invierno, lo cuál obligó a ubicar en el sur del país a los cultivos más exigentes en acumulación de horas de frío y el riesgo de daños por heladas primaverales que ello implica (Damario & Pascale, 1998).

Sin embargo, la labor fitotécnica desarrollada sobre los frutales caducifolios ha logrado producir cultivares con menor exigencia en frío invernal, lo que ha permitido la expansión de cultivo hacia áreas con reducidas disponibilidades agroclimáticas de HF. (Damario & Pascale, 2004).

Santa Fe dedica cerca de 400 ha a la pro-

ducción de duraznos (*Prunus pérsica* L. Batsch), de las cuales cerca de 50 ha se localizan en la zona centro-este de la provincia representando una producción aproximada de 340 toneladas anuales (MAGIC, 2003). Este desarrollo incipiente del cultivo no fue acompañado por esfuerzos para caracterizar la zona en cuanto a la disponibilidad de frío posible de acumular (Gariglio *et al.*, 2006).

Existen publicaciones que estiman las HF disponibles para otros lugares específicos, como por ejemplo: Córdoba (Rodríguez *et al.*, 1983), Estado de Río Grande Do Sul (Damario *et al.*, 2006), Región serrana de Córdoba (Pascale & Damario, 2004); Noroeste de la Argentina (Pascale, & Damario, 2004) y en la región centro oeste de Santa Fe (García *et al.*, 2009).

Sin embargo, la determinación de HF tropieza con ciertas dificultades, debido a la falta de registros y observaciones horarias de la temperatura del aire. Por tal motivo se han desarrollado modelos que basándose en datos de registros meteorológicos comunes, permiten evaluar con cierto grado de precisión el cómputo de HF (Rodríguez *et al.*, 1983). Algunos de estos modelos representan mejor la realidad de una zona, por lo que es importante seleccionar el más apropiado.

El objetivo del presente trabajo fue estimar la disponibilidad de frío en la localidad de Sauce Viejo aplicando los distintos modelos y compararlos con las horas de frío reales (HF_r) de la localidad.

MATERIALES Y METODOS

La información climática utilizada (1970-2007) fue suministrada por la Estación Sauce Viejo (31° 42' S; 60° 40' W 13 asnm) perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

HORAS DE FRÍO REALES

Con la información climática disponible se contabilizó el número de horas (HFr) en las cuales la temperatura del aire fue de 7,2°C o inferior a dicho nivel (Nightingale & Blake, 1934). Para caracterizar las horas de frío mensuales (HFRm) se utilizaron parámetros estadísticos simples.

HORAS DE FRÍO ESTIMADAS

A partir de los valores de temperaturas medias pertenecientes a los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre para la misma serie y localidad se calculó el valor de las horas de frío acumuladas (HFe) mediante el método de Weimberger (1954) (1), Sharpe (1970) (2), y Da Mota (1996) (3).

$$(1) HFe = 2139,39 - 129,91 x$$

HFe = Horas de frío acumuladas

x = temperatura media de las medias de los meses de Junio y Julio

$$(2) HFe = \sum Y$$

$$Y = 638 - 33,007 x$$

Y = Horas de frío mensual;

x = temperatura media mensual del mes considerado (Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre)

$$(3) HFe = \sum Y$$

$$Y = 485,1 - 28,52 x$$

Y = Horas de frío mensual;

x = temperatura media mensual del mes considerado (Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre)

Con los valores diarios de temperaturas máximas y mínimas para la misma serie y localidad, se calcularon las HFe a través de las fórmulas de Crossa-Raynaud (1956) (4), Sánchez Capuchino (1967) (5) y Parton y Logan (1989). Para la estimación de las HFe según este último autor, se utilizó un soft-

ware que simula las temperaturas horarias (Alonso *et al.*, 2001).

$$(4) HFe = \sum hf$$

HFe = horas de frío acumuladas durante los meses considerados

(Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre).

hf = horas de frío acumuladas en un día.

$$hf = 24 ((7-m) / (M-m))$$

M = Temperatura máxima diaria; m = temperatura mínima diaria

$$(5) HFe = \sum hf$$

HFe = horas de frío acumuladas durante los meses considerados

(Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre).

hf = horas de frío acumuladas en un día.

$$hf = 36 ((7-m) / (M-m))$$

M = Temperatura máxima diaria; m = temperatura mínima diaria

Para estudiar la relación funcional entre las HFe y las HFr, se realizó un análisis de regresión simple determinándose la capacidad predictiva de los modelos a través del coeficiente de determinación R² (Di Rienzo *et al.*, 2009). La elección del modelo de estimación se basó en la comparación e interpretación de los estadísticos estimados y del error estándar del modelo (EE).

RESULTADOS Y DISCUSION

A) HORAS DE FRÍO REALES

1) Anuales

El promedio anual de HFr para la localidad y serie analizada fue de 435 HFr con un CV 30 %. García *et al.* (2009) informan que para la región oeste de Santa Fe las horas de frío acumuladas promedio son de 537 HFr. Estos valores coinciden con lo presentado por Damario *et al.* (2004, 2009).

De la serie analizada en todos los años se contabilizaron HFr. Los valores acumulados fluctuaron entre 175 HFr y 790 HFr registrándose dichos valores en el 1986 y 2007, respectivamente.

2) MENSUALES

La distribución de las horas de frío a lo largo del año, se concentran en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Este último mes según Damario *et al.* (2008) y Damario & Pascale (2009) no debería incluirse para contabilizar horas de frío, dado que Septiembre presenta temperaturas favorables para el despertar de los cultivares actualmente utilizados.

La brotación de las variedades de duraznero, implantadas en la zona (Gariglio *et al.*, 2009), ocurre entre el 4 y el 31 de Julio, por lo que en este cultivo solamente las temperaturas de Mayo y Junio son las que realmente deberían ser consideradas para la sa-

tisfacción de sus requerimientos. Sin embargo, para determinadas cultivos como manzanos, la contribución de frío de Agosto, e incluso de Septiembre, son importantes (com pers. Gariglio, 2009).

De los cinco meses analizados, Julio es el mes que posee media más alta, aportando el 31 % del total acumulado (Cuadro 1).

Los meses pertenecientes a los equinoccios son los que realizan el menor aporte de HFRm, y presentan los mayores CV. Esto último coincide con lo informado para región oeste de la provincia de Santa Fe (García *et al.*, 2009).

b) Horas de frío estimadas

En el Cuadro 2 se presentan las HFe para Sauce Viejo aplicando los distintos modelos. Se puede apreciar que la acumulación de HFe fluctuaron entre 368 HFe (Crossa Raynaud) y 735 HFe (Sharpe).

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos para las horas de frío reales mensuales (HFRm) de Sauce Viejo (Serie 1970-2007).

HFRm	Media	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Mayo	55	84	4	200
Junio	116	52	9	253
Julio	136	49	27	320
Agosto	89	52	5	195
Septiembre	39	64	1	100

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de las horas de frío reales (HFR) y estimadas (HFe) por distintos métodos para Sauce Viejo (Serie 1970-2007).

	Media	CV (%)	Valor Mínimo	Valor Máximo
HFR	435	30	175	790
HFe (Weimberger)	511	30	208	817
HFe (Da Mota)	410	24	217	674
HFe (Sharpe)	735	14	534	940
HFe (Parton y Logan)	418	21	172	758
HFe(Crossa y Raynaud)	368	18	171	694
HFe(Sánchez Capuchino)	551	27	257	1000

Realizado el análisis de regresión, los modelos que presentan mayor coeficientes de determinación fueron Crossa-Raynaud, Sánchez Capuchino y Parton y Logan (Fig. 1). Esto coincide con lo informado para la localidad de Rafaela (García *et al.*, 2009; Gariglio *et al.*, 2006). Por otro lado, el modelo que presenta menor EE es Crossa-Raynaud (EE 18). Dicho modelo fue desarrollado para una región del mismo tipo climático (Cfa) que la localidad en estudio (Koppen, 1931).

Otros autores para la región pampeana informan que el modelo de Parton y Logan presenta un mejor ajuste (Alonso *et al.*, 2001)

En general estos modelos requieren datos diarios de temperatura del aire. Estos parámetros térmicos son difíciles de conseguir en algunas regiones. Dentro de los modelos que utilizan las temperaturas medias mensuales para estimar las HFe, el que presentó menor EE fue Da Mota (18), aunque su R2 es inferior a 0,75. Trabajos realizados por

Gariglio *et al.* (2006), sobre la acumulación de horas de frío para la zona centro-oeste de Santa Fe, coinciden con lo informado. Sin embargo, Gil-Albert (1989) considera que las metodologías utilizadas por Da Mota y Weimberger son poco fiables en zonas templado-cálidas de alta insolación como es el caso de la localidad de Sauce Viejo.

CONCLUSIONES

De las estimaciones y comparaciones realizadas, los modelos de, Crossa Raynaud, Sánchez Capuchino y Parton Logan, resultan útiles para estimar las horas de frío en Sauce Viejo y área de influencia. Sin embargo, al momento de elegir una determinada variedad en base a este requerimiento, se debe tener presente la variabilidad interanual de la temperatura característica del clima de la región en estudio (Koppen, 1931).

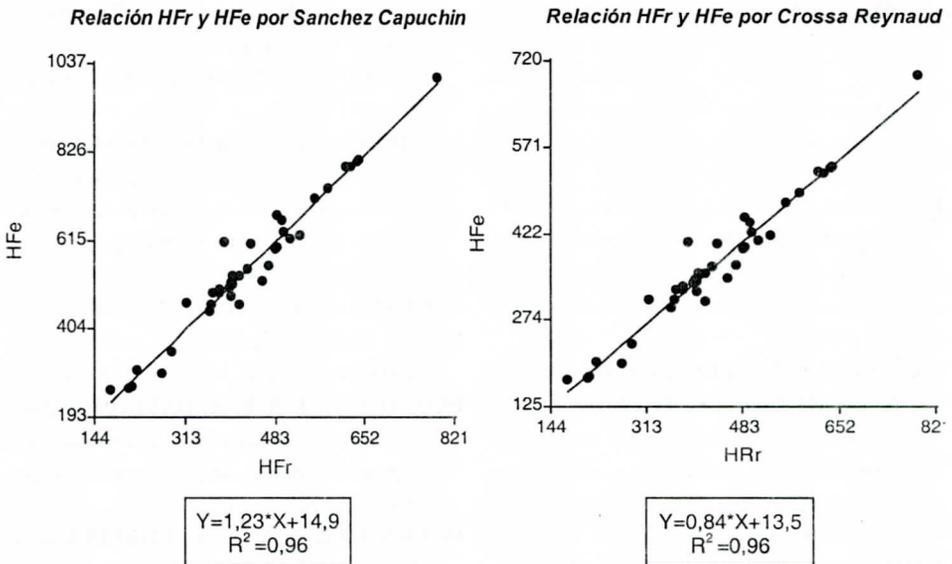


Fig. 1: Relación entre horas de frío reales (HFr) y horas de frío estimadas (HFe) por Sánchez Capuchino, Crossa y Raynaud y Parton y Logan para Sauce Viejo.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO M. R., R. O. RODRÍGUEZ Y S.G. GÓMEZ.** 2001. La utilización de las temperaturas máxima y mínima diarias para la estimación de la disponibilidad de horas de frío. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21 (3): 261:264.
- CALDERÓN, F.** 1983. *Fruticultura general*. Limusa. Barcelona. 779p.
- CROSSA-RAYNAUD, P.** 1956. Effects des hivers doux sur le comportement des arbres fruitiers a feuilles caduques. *Ann. Serv. Bot. Agron.* 29:1:22.
- DAMARIO, A.; A. J. PASCALE. & C. BUS-TOS.** 1998. Método simplificado para la estimación agroclimática de Horas de frío anuales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 18:93:97.
- DAMARIO, E. A. & A. J. PASCALE.** 2009. Carta de Horas de Frío 1971-2000 de la Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 29(1):55:58.
- DAMARIO, E. A.; A. J. PASCALE & A. BELTRÁN.** 2006. Disponibilidad de Horas de Frío en el Estado De Río Grande Do Sul. In: *Congresso Brasileiro De Agrometeorologia*, 11, Reunião Latino-Americana De Agrometeorologia, 1999. Florianópolis: 228 p.
- DAMARIO, E. A.; A. J. PASCALE & R. O. RODRÍGUEZ.** 2008. Nueva fórmula para la estimación agroclimática de las horas de frío. *Revista de la Facultad de Agronomía* 28(2-3):139:144.
- GARCIA, M. S.; P. E. LEVA; S. E. VALTORTA; N. GARIGLIO & G. TOFFOLLI.** 2009. Disponibilidad de horas de frío para la localidad de Rafaela (Santa Fe, Argentina): Modelos de estimación. *Rev. Facultad de Agronomía UBA*, 29 (3): 163-168.
- GARIGLIO, N.; V. L. DOVIS; P. E. LEVA; M.S. GARCÍA & C.A. BOUZO.** 2006. Acumulación de Horas de Frío en la zona centro-oeste de Santa Fe (Argentina) para frutales caducifolios. *Horticultura Argentina*. 25 (58): 26:32.
- GARIGLIO, N.; M. MENDOW; M. WEBER; M.A. FAVARO; D. GONZÁLEZ-ROSSIA & R. A. PILATTI.** 2009. Phenology and reproductive traits of peaches and nectarines in central-east Argentina. *Revista Scientia Agrícola* 66(6):757:763.
- GIL-ALBERT, F.** 1989. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol II: La ecología del árbol frutal. 2ª edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 236 p.
- INFOSTAT.** 2006. Software estadístico. Estadística y Diseño F.C.A. Universidad Nacional de Córdoba.
- KÖPPEN, W.** 1931. *Grundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter & Co., Berlin. 388 p.
- LANG, G. A.** 1996. *Plant Dormancy: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. CAB International. Wallingford, Oxon, Reino Unido. 386 p.
- MAGIC.** 2003. Estadísticas de producción de frutas y hortalizas. Portal del gobierno de la provincia de Santa Fe. URL: <http://www1.santafe.gov.ar/index.php/user/content/view/full/3598>. Leído el 27 de enero del 2011.
- NIGHTINGALE, G. T. & M. A. BLAKE.** 1934. Effect of temperature on the growth and metabolism of Elberta peach trees with notes on the growth responses of other varieties. *N. Jersey Agr. Exp. Sta. Bull.* 567.
- PARTON, H. J. & J. A. LOGAN.** 1989. A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agric. Met.*, 23: 205: 216.
- PASCALE, A. J. & E. A. DAMARIO.** 2004. *Bioclimatología agrícola y Agroclimatología*. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires 550 p.
- RODRÍGUEZ, R. A.; G. E. EDREIRA & N. BLANCH DE BONGIOVANNI.** 1983. Estudio de distintos métodos de estimación de horas de frío, y su comparación con el com-

- puto real de las mismas obtenidas en Córdoba. Revista Ciencias Agropecuarias IV: 31:40.
- SÁNCHEZ-CAPUCHINO, J. A.** 1967. Contribución al conocimiento de necesidades en frío invernal de variedades frutícolas (I, II, y III). Levante Agrícola.
- SHARPE, R. H.** 1970. Sub-tropical peaches and nectarines. Fla.State Hort. Soc. 82: 302:306.
- TABUENCA, M. C.** 1965. Influencia del clima en los frutales. CSIC. Estación experimental de Aula Dei. Zaragoza. 297 p.
- WEIMBERGER, J. H.** 1954. Effect of high temperature during the breaking of the rest of 'Sullivan Elberta' peach buds. Proceeding of the American Society of Horticultural Science 63: 157:164.