E. Tersoglio, G. Naranjo, L. Rivero, M. Quiroga

REQUERIMIENTO DE FRÍO INVERNAL Y DE CALOR EN VARIEDADES DE CEREZOS

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **102** N.º 3 (251-259), 2006

Requerimiento de frío invernal y de calor en variedades de cerezos

E. Tersoglio*, G. Naranjo*, L. Rivero**, M. Quiroga**

* Laboratorio de Fruticultura. EEA Mendoza INTA. CC3. (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.
** Centro de Estudios de Post-Cosecha. EEA Mendoza INTA. CC3. (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Resumen

El cerezo posee requerimientos que deben ser satisfechos para obtener producciones rentables. Entre ellos es particularmente importante la exposición a bajas temperaturas durante su reposo vegetativo para lograr una brotación y floración normal. La cantidad de frío requerido varía para cada cultivar.

Las cultivares 'Bing', 'Van' 'Early Burlat', 'Ruby', 'Garnet', 'Marvin', 'Celeste' y 'Lapins', fueron estudiadas en dos localidades con diferentes unidades de frío (UF). Las UF fueron calculadas por el método "Utah" y las unidades de calor como horas grado de crecimiento (GDH).

Los porcentajes de brotación se incrementaron cada vez que se aumentó GDH y UF. Los GDH provocaron brotación a partir de cierta cantidad mínima (umbral) de UF recibida. Fue posible diferenciar las necesidades de frío de cada cultivar a través de la comparación de modelos matemáticos de regresión, agrupando aquellas variedades que mostraron un comportamiento semejante.

Palabras clave: requerimiento de frío, requerimiento de calor, cerezo, unidades de frío, horas grado de crecimiento, brotación.

Summary

Winter chilling and heat requirements on cherry varieties

Cherry trees have thermic needs that must be satisfied in order to obtain profitable harvest. One of the most important factors to get a normal flower and vegetative budbreak is the chilling temperature exposition during the rest period. The amounts of "low" temperatures required to release cherry budbreak vary greatly among varieties.

'Bing', 'Van' 'EB', 'Ruby', 'Garnet', 'Marvin', 'Celeste' and 'Lapins' cultivars were studied at two locations with different amount of chill unit (UF). They were calculated by Utah method. The heat units were calculated as Growing Degree Hours (GDH).

The vegetative budbreak percentage increased whenever GDH or UF was bigger. But GDH only released budbreak when some minimum amount of UF (threshold) occurred. It was possible to differentiate some cultivars from chill requirements through comparison of mathematical regression model and also joined cultivars models that show a similar behavior.

Key words: chilling requirements, heat requirements, sweet cherry, growing degree hours.

Introducción

Ciertas especies frutales, como el cerezo *Prunus avium* L., posee requerimientos que deben ser satisfechos para obtener producciones rentables. Entre ellas es particularmente importante la exposición a bajas temperaturas durante la dormancia, lo cual le permite obtener una brotación normal en la primavera siguiente. La cantidad de frío requerido varía de acuerdo a numerosos factores, entre los cuales se citan el cultivar (cv.) (Couvillon, 1995; Erez, 1995).

En la dormancia se distinguen tres fases la paradormancia, endodormancia y ecodormancia (Lang *et al.,* 1987). De estos tres estados el más profundo es el de la endodormancia y el medio de superarla es mediante la exposición a bajas temperaturas por períodos variables de tiempo (Erez, 1995). La endodormancia es causada por factores que residen dentro de la yema y es superada sólo por la aplicación de frío (Faust *et al*., 1997).

Para que las yemas puedan superar la dormancia es necesario que estas estén un determinado tiempo sometidas a bajas temperaturas. Esto es llamado requerimiento de frío (Erez, 1995).

Existen métodos que miden el frío recibido como unidades de frío (UF). Una UF se define como una hora a un determinado rango de temperatura que varía según el sistema de medición utilizado (Anderson *et al.,* 1986). Además existen temperaturas llamadas intermedias, que se encuentran por debajo o por encima del rango óptimo, las cuales pueden adicionar o sustraer UF (Richardson *et al*., 1974; Norvell y Moore 1982; Shaltout y Unrat, 1983; Anderson *et al*., 1986; Fishman *et al*., 1987a y b; Sparks, 1993; Courvillon, 1995; Erez, 1995).

La bibliografía cita diferencias sustanciales entre requerimientos de frío observados en una misma variedad. Esto se debe, entre otros, a los métodos de medición utilizados. Seif y Gruppe (1985) observaron que los cvs. 'Van' y 'EB' poseen requerimientos que oscilan entre 1.326 y 1.357 UF respectivamente, utilizando el método de medición de Norvell y Moore, (1982). Posteriormente Küden *et al.,* (1997) encontraron que el requerimiento de frío invernal para 'Van' osciló entre 330 - 380 UF Utah calculado por el sistema Richardson (1986). Ello muestra que la metodología seleccionada influye fuertemente en los valores obtenidos y por lo tanto los resultados generalmente no son comparables. Tales inconsistencias se pueden deber a las diferencias entre los rangos de temperaturas necesarios para transformar los diferentes tipos de UF. Pero existen además otros aspectos de igual importancia que a menudo no están expuestos con suficiente claridad. Entre ellos está la metodología para determinar el inicio de la acumulación de la UF, el estado fenológico en el cual la yema vegetativa se considera brotada, el porcentaje de brotación que debe alcanzar y la cantidad de calor requerida para lograr dicha brotación.

Una vez cumplidos tales requerimientos comienza la última etapa del proceso llamada ecodormancia. Esta fase se observa sólo cuando las temperaturas son desfavorables para iniciar la brotación y concluye con el inicio de la brotación una vez acumulado suficiente calor. (Richardson *et al*., 1974; Faust *et al*., 1997). Esta energía es indispensable para iniciar los procesos que llevan a la brotación. El calor tiene efecto acumulativo y se mide en Horas Grados de Crecimiento (GDH). Se define GDH como una hora a una temperatura mayor de 4.4 °C (Richardson *et al*., 1974).

Entre los síntomas de insuficiente cantidad de frío invernal están: retraso del inicio de la brotación, periodos extensos de floración, reducción del cuaje, aborto de frutos.

Se observan frutos coexistiendo con flores. (Courvillon, 1995; Byrne y Bacon, 2003).

Para obtener cosechas cada vez más tempranas, los productores buscan zonas más cálidas, donde los requerimientos pueden no ser satisfechos naturalmente (Faust et *al*., 1997). Una alternativa a esa limitación es la selección de variedades con bajos requerimientos de frío invernal (Seif & Gruppe, 1985).

Durante la temporada 2003 las zonas productoras de cereza primicia de la Argentina experimentaron una abrupta reducción de sus exportaciones como resultado de un invierno en el que las plantas sólo recibieron entre 822 y 733 UF. Como consecuencia la producción descendió un 80%.

El objetivo del presente trabajo es establecer los requerimientos de frío y de calor necesarios para obtener una brotación adecuada en cultivares de cerezos *Prunus avium* L. y establecer las bases metodológicas para clasificar los cultivares en función de las UF y GDH.

Material y método

Los estudios se realizaron en materiales extraídos de huertos ubicados a 34º de Latitud Sur pero de localidades con diferente altitud. El departamento de Luján de Cuyo (LC) con una altitud de 1.100 msnm y el de San Martín (SM), con 600 msnm, Tal diferencia produce una acumulación de UF inferior en aquellos materiales ubicados en las zonas más bajas.

El estudio de LC fue realizado en plantas de 11 años de edad, de los cvs. 'Bing', 'Early Burlat' (EB) y 'Van'. Mientras que el de SM utilizó plantas de 6 años de los cvs. 'Ruby', 'Garnet', 'Bing', 'Celeste' y 'Lapins'. El portainjerto utilizado en ambas localidades fue *Prunus mahaleb* L.

Los estudios se realizaron sobre ramas agostadas de l año de 30-50 cm de longitud. Las mismas fueron ubicadas en vasos con 100 ml de agua corriente. Cada uno con 4 brindillas identificadas de diámetro semejante (unidad experimental).

Por cada variedad en estudio fueron utilizados 6 vasos (repetición), ubicados en pequeñas cámaras de polietileno. Cada una de ellas se ubicó en un túnel con condiciones controladas dentro de un invernáculo con refrigeración por evaporación forzada.

La temperatura de las cámaras osciló entre 20 y 22 ºC, la humedad relativa del 100% y el fotoperiodo fue de 16 h (Faust *et al*., 1995).

El número de yemas brotadas por rama fue evaluado cada siete días durante 21 días, excepto la última extracción que fue evaluada sólo los días 7 y 14. Se consideró yema brotada cuando la misma presentaba un crecimiento de al menos 5 mm de longitud.

Para analizar los efectos de la acumulación de frío sobre la brotación, en cada cultivar, se realizaron tres extracciones cada 15 días a partir del 28-7-2004 con excepción de 'Garnet' y 'Lapins' en las que sólo se realizaron dos.

Semanalmente se evaluó el estado fenológico de las yemas.

El inicio de la acumulación de frío invernal es determinado por el modelo de Courvillon (1995) y Ramira *et al*. (1995).

Las UF fueron calculadas por el método Utah (Anderson *et al*., 1986). Los GDH se calculan mediante el método de Richarson *et al*., (1974). Los conteos de yemas brotadas se realizaron a 192, 336 y 528 GDH que corresponden a 8, 14 y 21 días a 22 ºC.

El diseño experimental utilizado fue el de bloque completamente aleatorizados. La prueba de comparación múltiple de medias utilizada fue Bonferroni. Las regresiones se compararon por el método de modelos anidados (Mendenhall, 1995). Los datos fueron analizados y graficados mediante Infostat, TableCurve y Surfer 2.2.

Resultados

Finca Luján de Cuyo

Las yemas mostraron incremento de la brotación a medida que aumentaron las UF recibidas manteniendo los GDH constantes. Se observa que a medida que las UF se acercan a la totalidad del frío requerido se obtienen brotaciones cercanas al 90% con un número de GDH cada vez menor (figura 1, tabla 1).

Cuando las yemas de 'Bing', 'Van' y EB fueron sometidas a 192 GDH con 1.128 y 1.225 UF el porcentaje de brotación se mantuvo en un rango de 0 a 8,6%, de 0 a 6,79% y 0,52 a 8,6% respectivamente. Mientras que con el mismo GDH pero con 1.435 UF se produjo un sustancial aumento de la brotación que alcanzó el 96,1% en EB, al 90,9% en 'Van' y al 80,8% en 'Bing' (tabla 1, figura 1).

El cv. 'Van' muestra similar porcentaje de brotación cuando recibe entre 1.225 y 1.435 UF con 336 GDH indicando que el incremento de la tasa de brotación disminuye alcanzando una meseta de respuesta (tabla 1, figura 1).

El cv. 'EB' muestra que a partir de las 1.225 UF con 336 GDH no se observa un incremento de la brotación cuando se aumentan UF o GDH. Ello indica un resultado similar al encontrado en el cv. Van (tabla 1).

El cv. 'Bing' mostró que con un incremento de 1.225 a 1.435 UF, manteniendo constante las 336 GDH, mejora la brotación por encima del 90%, indicando que se habrían satisfecho los requerimientos de frío con aproximadamente 1.435 UF (tabla 1, figura 1).

Se establecieron las relaciones de causalidad entre UF y tasas de brotación con 336 GDH. Luego se realizó la prueba de modelos anidados para comparar las regresiones. Los análisis indicaron que hay suficiente evidencia para establecer que los modelos de los cvs. Van y EB son iguales, pero que difieren del de 'Bing'. Las diferencias se observaron en las ordenadas de origen y en las pendientes (figura 3 LC).

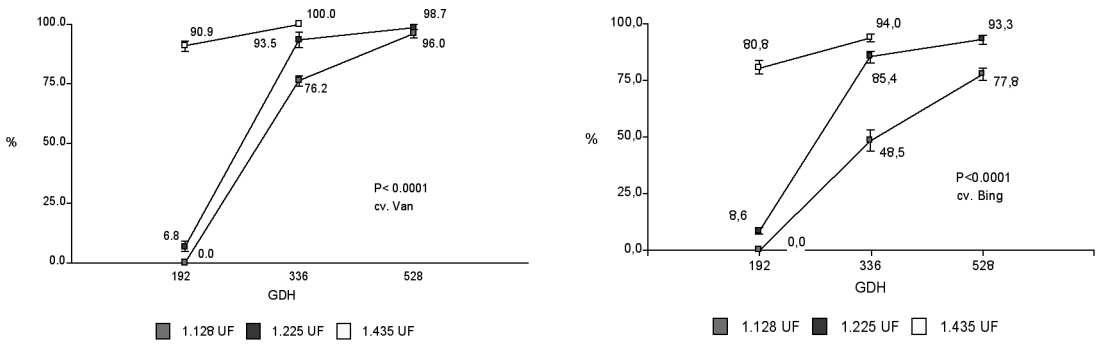


Figura 1. Porcentaje de brotación según UF y GDH, Luján de Cuyo.
Figure 1. Budbreak percentage according to UF and GDH, Luján de Cuyo.

Tabla 1. Efecto de las UF y de los GDH sobre la brotación de cultivares de cerezos (LC)
Table 1. Effect of UF and GDH on budbreak of cherry cultivars (LC)

Unit	Brotación (%)		
	Bing	Van	EB
UF			
1.128	42,10	57,41	53,98
1.225	62,43	66,34	69,13
1.435	87.43	95,45	98,02
GDH			
192	29,81	32,57	35,08
336	75,96	89,89	91,13
528	85,56	97,39	93,36
UF*GDH			
1.128*192	00.00 b	00.00 b	00,52 b
1.128*336	48,47 c	76,20 c	74,69 c
1.128*528	77,84 d	96,04 d	86,73 d
1.225*192	08,61 b	06,79 b	08,60 b
1.225*336	85,39 de	93,48 d	98,80 e
1.225*528	93,28 ef	98,74 d	100 e
1.435*192	80,83 de	90,91 d	96,13 de
1.435*336	94,03 f	100 d	99,91 e
1.435*528	sd a	sd a	Sd a

Valores dentro de la columna seguidos por la misma letra no son estadísticamente significativos a nivel del 5%.

Finca San Martín

A medida que las yemas recibieron cantidades crecientes de UF y de GDH la brotación se incrementó. Cuanto mayor fue la satisfacción de UF, menor fue la diferencia de brotación encontrada entre dos GDH (tabla 2, figura 2).

Los cvs. 'Marvin' y 'Bing' con 1.072 UF y 336 GDH no alcanzan una brotación del 90%. Ello indica que ambos cvs. no satisfacen sus necesidades de frío en las condiciones establecidas en el ensayo (tabla 2, figura 2).

Los cvs. 'Celeste', 'Garnet' y 'Lapins' obtuvieron el 90% de brotación con 1.072 UF y 336 GDH (tabla 2, figura 2).

El cv. 'Celeste' mostró que con 830, 931 y 1.072 UF y 336 GDH las medias de los porcentajes de brotación siempre se incrementaron. Ello indica que con las UF aplicadas no fue posible encontrar una meseta de respuesta (tabla 2, figura 2).

Los cvs. 'Garnet' y 'Lapins' muestran una brotación mayor del 90% con 1.072UF y 336GDH (tabla 2).

La cv. 'Ruby' alcanza un porcentaje de brotación mayor del 90% con 931UF y 336GDH. Este cv. muestra un comportamiento similar cuando recibe tanto 931 como 1.072UF con 336 GDH indicando que alcanzó una meseta de respuesta (tabla 2, figura 4).

El estudio de comparación de modelos anidados entre los modelos de ajuste entre UF y tasas de brotación con 336 GDH mostró que los datos en estudio aportan evidencia que establece que los modelos de los cvs. 'Bing', 'Marvin', 'Celeste' y 'Ruby' son diferentes (figura 3 SM).

Tabla 2. Efecto de las UF y de los GDH sobre la brotación de cultivares de cerezos (SM)
Table 2. Effect on UF and GDH on budbreak of cherry cultivars (SM)

Unit	Brotación (%)					
	Marvin	Celeste	Bing	Ruby	Garnet	Lapins
UF						
830	44,32	40,78	21,85	55,75	40,60	
931	61,87	46,46	40,53	84,27		57,03
1.072	78,53	86,04	52,26	94,14	81,19	82,64
GDH						
192	25,75	26,88	8,30	50,18	35,54	39,60
336	76,03	60,77	48,24	88,63	67,04	83,58
528	85,15	85,42	61,02	95,94	79,04	90,03
UF*GDH						
830*192	00.00 b	00.00 b	00.00 b	00.00 b	00.00 b	sd a
830*336	55,27 c	38,73 c	15,65 b	75,36 d	42,77 c	sd a
830*528	77,70 cd	83,60 ef	49,90 cd	91,88 e	79,04 d	sd a
931*192	07,19 b	00,57 b	00.00 b	59,78 c	sd a	07,42 b
931*336	85,82 d	51,57 d	49,45 cd	93,03 e	sd a	73,65 cd
931*528	92,61 d	87,24 ef	72,13 de	100 e	sd a	90,03 de
1.072*192	70,06 cd	80,06 e	24,89 bc	90,77 e	71,07 d	71,77 c
1.072*336	87.00 d	92,02 f	79,63 b	97,51 e	91.32 e	93,51 e
1.072*528	sd a	sd a	sd a	sd a	sd a	sd a

Valores dentro de la columna seguidos por la misma letra no son estadísticamente significativos a nivel del 5%.

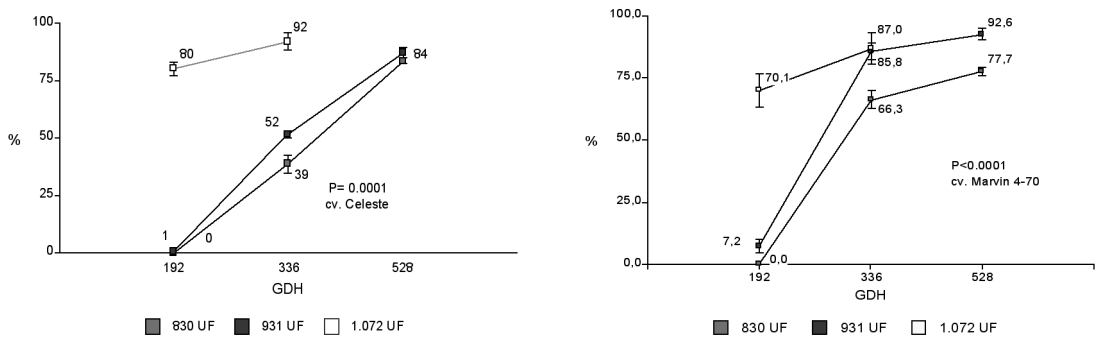


Figura 2. Porcentaje de brotación según UF y GDH, San Martín.
Figure 2. Budbreak percentage according to UF and GDH, San Martín.

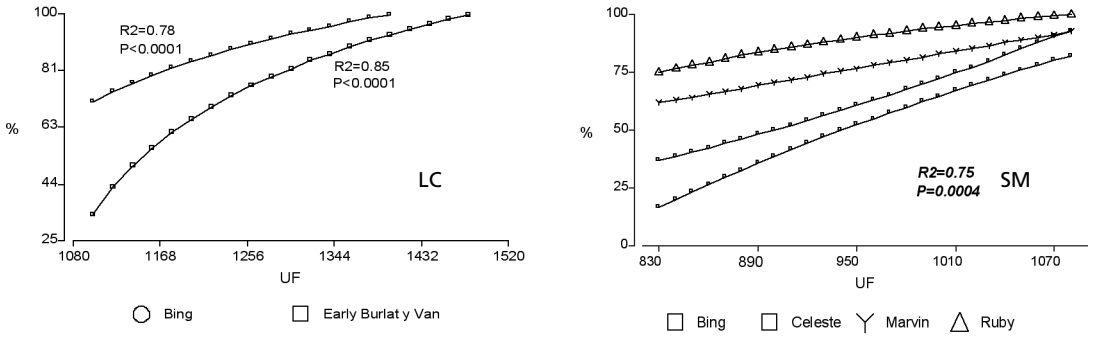


Figura 3. Efecto de las UF sobre la brotación luego de recibidos 336 GDH.
Figure 3. Effect of the UF on the budbreak after having received 336 GDH.

El efecto de la interacción entre las UF y las GDH sobre la brotación de los cvs. 'Bing' y 'Ruby' queda representado mediante dos figuras en 3D que muestran un plano de respuesta generado a través de interpolaciones. La cv. 'Bing' muestra un plano de con una pendiente suave que indica una respuesta baja a los incrementos de UF y de GDH. La cv. 'Ruby' presenta dos planos con pendientes diferentes que indican zonas de respuestas distintas. El primer plano compuesto por los intervalos de respuesta 0-75% de brotación con alta pendiente. El segundo, que tiende a la horizontal, indica que la respuesta no se modifica mayormente con las variaciones de UF y GDH (figura 4).

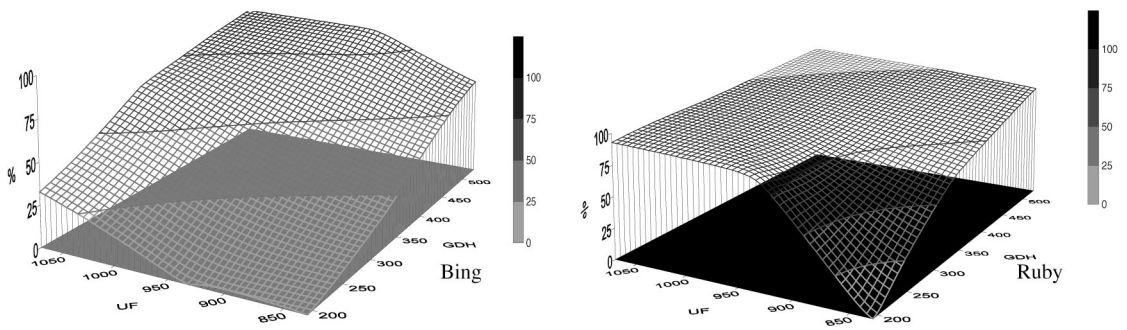


Figura 4. Efecto de interacción de las UF y GDH sobre el porcentaje de brotación.
Figure 4. Interaction effect of the UF and GDH on the budbreak percentage.

Discusión

Los porcentajes de brotación se incrementaron cada vez que aumentaron las UF y los GDH en todas los cvs. en estudio.

Tanto el efecto del frío sobre la brotación como el del calor tienen un comportamiento aditivo (Erez, 1995; Young *et al*., 1995). Sin embargo la relación causa - efecto (UF o GDH - porcentaje de brotación) sigue modelos matemáticos que difieren entre los cvs. o grupos de ellos.

Existe, dentro de ciertos límites, un efecto de reemplazo entre las UF y las GDH lo cual permitió obtener porcentajes de brotaciones semejantes con menor número de GDH y mayor de UF o viceversa (Richardson *et al*., 1974; Courvillon, 1995).

La interacción entre UF y GDH no se produjo constantemente, ya que los GDH sólo fueron "activos" si cierta cantidad mínima o umbral de frío fue recibida. Este umbral varió con el cultivar (Erez, 1995)

A medida que los requerimientos de frío fueron satisfechos, el incremento de la brotación obtenido entre la primera, la segunda y la tercera semana fue menor.

Los efectos de las UF sobre la brotación, con 336 GDH, permitió agrupar los cultivares según sus requerimientos. De acuerdo con los modelos de regresión calculados, para obtener un 90% de brotación, los cvs 'EB' y 'Van' conformaron un grupo homogéneo con requerimientos estimados de 1.260 UF mientras que el cv. 'Bing' mostró un requerimiento de 1.375 UF (figura 3). En la zona de SM el cv. 'Bing' no alcanza el 90% de brotación con las UF aplicadas. Mientras que los cvs. 'Celeste' y 'Marvin' requieren aproximadamente 1.050 UF. La cultivar 'Ruby' muestra un comportamiento menos exigente ya que con sólo 950UF se alcanza la brotación requerida (figura 3).

Bibliografía

Anderson JL, Richardson EA, Kesner CD, 1986. Validation of chill unit and flower bud phenology models for Montmorency sour cherry. Acta Hort. 184: 71-78.

Byrne DH, Bacon T, 2003. Chilling accumulation: its Importance and Estimation. http://aggie-horticulture.tamu.edu/stonefruit/chillacc.htm.

Couvillon G, 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees: a review. Acta Hort. 395: 11-19.

Erez A, 1995. Means to compensate for insufficient chilling to improve bloom and leafing. Acta Hort. 395: 81-95.

Faust M, Erez A, Rowland L, Wang S and Norman H, 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. HortScience 32(4): 623-629.

Faust M, Liu D, Wang S, Stutte G, 1995. Involvement of apical dominance in winter dormancy of apple buds. Acta Hor. 395: 47-56.

Fishman S, Erez A, Courvillon GA, 1987a. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Mathematical analysis of a two steps model involving cooperative transitions. J. Theor. Biol. 124: 473-483.

Fishman S, Erez A, Courvillon GA, 1987b. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Computer simulation of process studied under controlled temperatures. J. Theor. Biol. 126: 309-321.

Küden AB, Küden A, Kaska N, 1997. Cherry Growing in the subtropics. Acta Hor. 441: 71-74.

Lang GA, Early JD, Martin GC, Darnell RL, 1987. Endo-, para-, and eco-dormancy physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience 22: 371-377.

Mendenhall W, Sincich T, 1995. Statistics for engineering and the sciences. Fourth edition. New Jersey, Prentice hall (741-749) p 787.

Norvell DJ, Moore JN, 1982. An evaluation of chilling models for estimating rest requirements of highbush blueberries (Vaccinium corymbosum L.) J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(1): 54-56.

Ramira A, Colauzzi M, Masia A, Pitacco A, Caruso T, Messina R, Scalabrelli G, 1995. Hormonal and climatological aspects of dormancy in peach buds. Acta Hort. 395: 35-46.

Richardson E, Seeley SD, Walter DR, 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach Trees. HortScience 9(4): 331-332.

Seif S, Gruppe W, 1985. Chilling requirements of sweet cherries (Prunus avium) and interespecific cherry hybrids. Acta Hort. 169: 289-294.

Shaltout AD, Unrath CR, 1983. Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious Apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 957-961.

Sparks D, 1993. Chilling and heating Model for Pecan budbreak. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 29-35.

Young E, Dautlick TK, Belding RD, 1995. Respiratory Changes during dormancy breaking of apple trees. Acta Hort. 395: 21:33.

(Aceptado para publicación el 21 de marzo de 2006)