

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/381480924>

# Necesidades de frío en variedades de melocotonero, nectarino y paraguay

Article · June 2024

CITATIONS

0

READS

13

3 authors:



**María Engracia Guerra Velo**

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura

60 PUBLICATIONS 452 CITATIONS

SEE PROFILE



**Erica Fadón**

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

40 PUBLICATIONS 725 CITATIONS

SEE PROFILE



**Javier Rodrigo**

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

164 PUBLICATIONS 2,327 CITATIONS

SEE PROFILE

# Necesidades de frío en variedades de melocotonero, nectarino y paraguayo

M.E. GUERRA<sup>1</sup>, E. FADÓN<sup>2,3</sup>, J. RODRIGO<sup>2,3</sup>

(1) Área de Fruticultura Mediterránea. Instituto de Investigaciones Agrarias “Finca La Orden–Valdesequera”, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX).

(2) Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

(3) Instituto Agroalimentario de Aragón–IA2 (CITA–Universidad de Zaragoza).

## RESUMEN

El melocotonero es el frutal de hueso más cultivado a nivel nacional. España es el tercer país productor europeo, y las principales CC. AA. productoras son Cataluña, Aragón, Murcia y Extremadura. El proceso de reposo invernal es crucial para el ciclo anual de los melocotoneros, en el que las yemas pasan por fases de endo- y eco-dormancia, influenciadas principalmente por la temperatura. Cada variedad tiene unas necesidades de frío y calor específicas que deben cubrirse para que se produzca una floración normal. La reducción del frío invernal en muchas zonas de cultivo está provocando problemas de producción en las variedades más exigentes en necesidades de frío en los años de inviernos templados. En el contexto de calentamiento global provocado por el cambio climático, conocer las necesidades de frío de las variedades es cada vez más importante para determinar su posible adaptación a una zona determinada. En este trabajo se ha recopilado la información disponible sobre las necesidades de frío de variedades de melocotonero, nectarino y paraguay, y se describen ensayos en marcha sobre la adaptación del cultivo en zonas de diferente climatología.

**Palabras clave:** *Prunus persica*, Floración, Necesidades agroclimáticas, Adaptación, Cambio climático.

## ABSTRACT

**Chill requirements of peach, nectarine, and flat peach cultivars.** Peach stands as the primary stone fruit in Spain, which ranks as the third-largest producer in Europe. Catalonia, Aragon, Murcia, and Extremadura are the main producing regions. The winter dormancy phase is crucial in the phenological cycle of the tree. Each cultivar has specific chill and heat requirements, essential for normal spring blooming. Global warming poses a challenge, leading to a significant reduction in winter chill in major peach-producing areas, thereby impacting yields, especially for cultivars with higher chilling requirements. Consequently, there is a growing importance in characterizing the agroclimatic requirements of cultivars to ascertain their adaptability to different growing regions. This study compiles available data on chilling requirements for peach, nectarine, and flat peach cultivars, while also outlining ongoing trials on the adaptation of peach cultivation in areas with different climates.

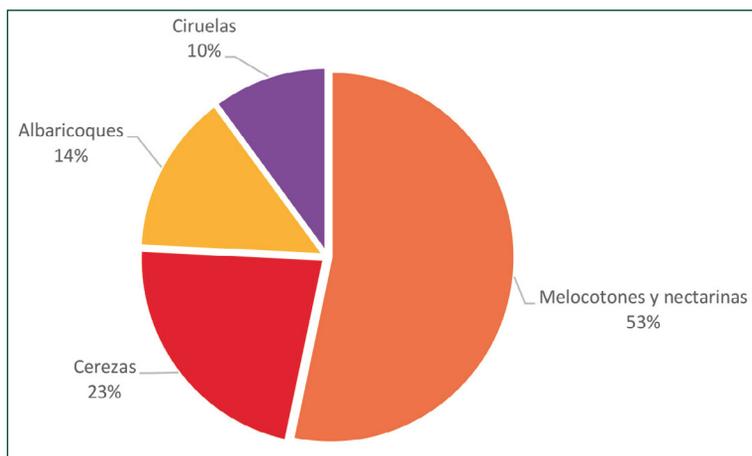
**Key words:** *Prunus persica*, Flowering, Agroclimatic requirements, Adaptation, Global warming.

## Importancia económica

El melocotonero (*Prunus persica*), con unas 70.000 hectáreas (ha) es el frutal de hueso más cultivado a nivel nacional (MAPA, 2024) seguido del cerezo (*Prunus avium*) con 30.000 ha, el albaricoquero (*Prunus armeniaca*) con 18.500 ha y el ciruelo, que incluye el ciruelo de tipo japonés (híbridos de *Prunus salicina*) y el ciruelo europeo (*Prunus domestica*), con 13.000 ha (Figura 1). En las estadísticas de producción y superficie cultivada, en el grupo del melocotón se incluyen nectarinas, paraguayos y platerinas. En 2022, se cosecharon 870.000 toneladas (t), frente a 157.000 t de ciruelas, 116.000 t de cerezas y 81.000 t de albaricoques (FAOSTAT, 2024). A nivel europeo, España es el primer productor de cerezas, el tercero de melocotones y ciruelas y el cuarto de albaricoques (Figura 2). Las principales zonas productoras de melocotones a nivel nacional están en el Valle del Ebro (Cataluña, 198.000 t en 10.000 ha, y Aragón, 150.000 t en 12.000 ha), Murcia, 210.000 t en 9.000 ha, y Extremadura, 56.000 t en 3.000 ha (MAPA, 2024), cultivándose en cada una de ellas las variedades más adaptadas a cada zona.

## Reposo invernal

El melocotonero, como frutal de clima templado, establece un estado de reposo en el que el árbol es resistente al frío para sobrevivir a las bajas temperaturas del invierno. En esta fase, los

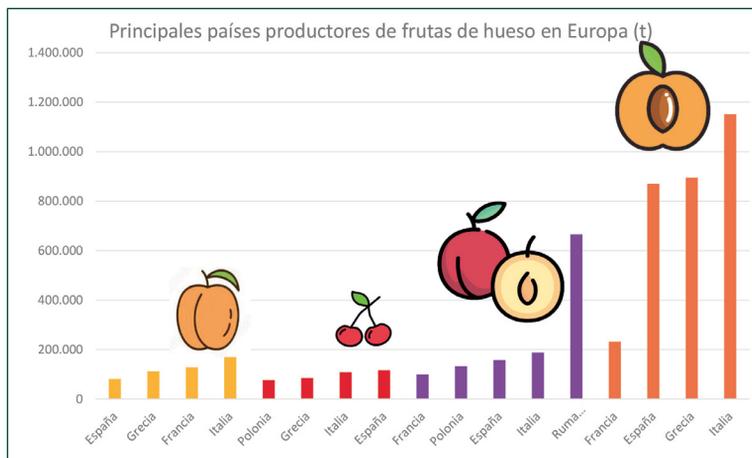


**Figura 1.** Superficie cultivada (%) de los principales frutales de hueso en España.

primordios de las hojas y de las flores permanecen protegidos en el interior de las yemas, y no reanudan el crecimiento hasta el desborre, a finales de invierno, en nuestras condiciones. La temperatura es el principal factor ambiental que regula la salida del reposo y consiguiente brotación de las yemas. El reposo invernal se divide en dos fases: endo- y eco-dormancia (LANG *et al.*, 1987). Durante la endodormancia, las yemas necesitan acumular una cierta cantidad de frío, específica para cada variedad, para recobrar la capacidad de crecer. Entonces entran en eco-dormancia, fase en la que las yemas son capaces de responder a las temperaturas más cálidas de la primavera y reanudar el crecimiento una vez

acumulada cierta exposición al calor. Estas necesidades agroclimáticas para florecer, primero las necesidades de frío durante la endodormancia y después las necesidades de calor durante la ecodormancia, son características de cada variedad y determinan las zonas óptimas para su cultivo.

La caracterización de las necesidades agroclimáticas de una variedad se puede realizar mediante metodologías empíricas o estadísticas (FADÓN *et al.*, 2020). La metodología empírica consiste en el muestreo periódico (por ejemplo, semanalmente) de varetas con yemas de flor y su exposición a condiciones favorables para el crecimiento (por ejemplo, a 20°C) en una cámara



**Figura 2.** Principales países productores de frutas de hueso en Europa (t).



# 3 especies de frutas ¡3 buenas razones para trabajar juntos! *i es bueno ser 3!*

**ALBARICOQUE**



**CEREZA**

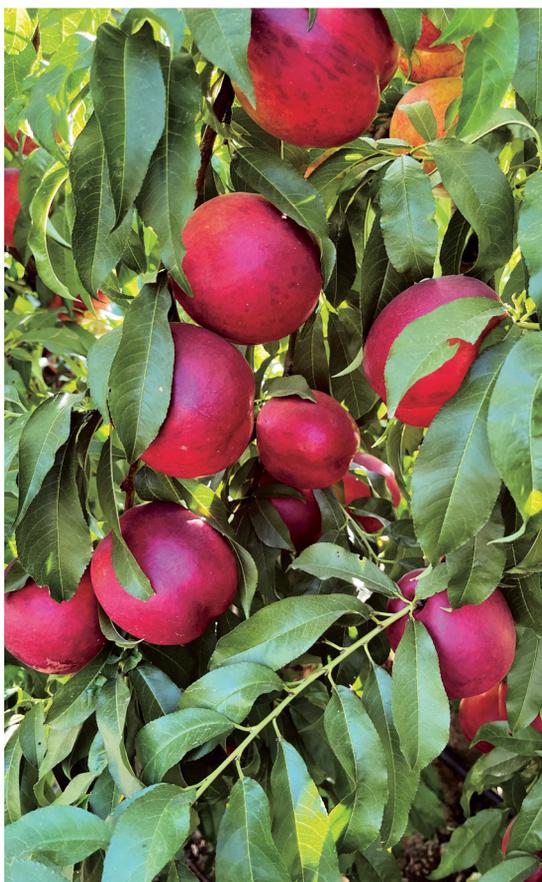


**CIRUELA**



[www.cot-international.eu](http://www.cot-international.eu)





Maduración de frutos de nectarino.



Variación de frutos de melocotonero.

ra climática. Para determinar que la variedad ha salido del reposo, las yemas deben mostrar un crecimiento después de una semana o diez días en la cámara. El crecimiento se puede evaluar comparando el peso de las yemas antes y después de exponer las varetas en la cámara y/o evaluando la fenología de las varetas de la cámara. Una vez se observan cambios significativos en el peso y/o la fenología, se considera que las yemas han cubierto sus necesidades de frío y salido de la fase de endodormancia. Por otra parte, el método estadístico para establecer los periodos de endo- y eco-dormancia consiste en el análisis de bases de datos de época de floración de la variedad de al menos 20 años junto con los registros de temperaturas horarias durante dicho periodo. Estos datos se pueden ana-

lizar mediante el análisis de regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS, siglas en inglés) (LUEDELING *et al.*, 2013) o por mínimos cuadrados (ALONSO *et al.*, 2005). Estos métodos tienen ciertas limitaciones, por ejemplo, los resultados del método experimental varían según el laboratorio que lo realice ya que el protocolo no está estandarizado y pueden variar tanto las condiciones de la cámara (temperatura, luz, días de exposición) como los criterios a considerar para la salida de endodormancia. Por otra parte, el hecho de que los métodos estadísticos requieran series de datos de floración de más de 20 años impide que se pueda utilizar para determinar las necesidades agroclimáticas de nuevas variedades obtenidas en los programas de mejora (FADÓN *et al.*, 2020).

Una vez establecidos los periodos de acumulación de frío y de calor para florecer, se cuantifica el frío y el calor durante estos periodos. La cuantificación del frío hasta el final de la endormancia se realiza principalmente con tres modelos. El más conocido es el modelo de Horas Frío (HF), que considera como favorables para superar el reposo las temperaturas entre 0°C y 7,2°C (45F) (WEINBERGER, 1950). El modelo de Utah considera la acumulación de Unidades Frío (UF), ponderando el efecto según diferentes intervalos de temperaturas y otorgando valores negativos a las temperaturas más cálidas (RICHARDSON *et al.*, 1974). Finalmente, el modelo Dinámico considera la acumulación de porciones de frío (PF) en dos fases; durante la primera la acumulación de frío puede ser revertida por temperaturas cálidas, sin embargo, una vez alcanzada cierta acumulación de frío esta se fija en la segunda fase (FISHMAN *et al.*, 1987). Este modelo es el más apropiado para las zonas con climas mediterráneos o subtropicales. La cuantificación del calor durante la ecodormancia se realiza mediante el modelo de "Growing Degree Hours" (GDH), desde la salida del reposo hasta la fecha de floración (RICHARDSON *et al.*, 1975). El melocotonero ha tenido un gran protagonismo en los estudios sobre reposo invernal. Los principales modelos desarrollados para cuantificar el frío invernal (horas frío, unidades de frío, y porciones de frío) y el calor posterior ("Growing Degree Hours") fueron desarrollados basándose en datos históricos de floración en variedades de melocotonero. Igualmente, los primeros genes asociados al proceso de reposo se describieron en melocotonero (Li *et al.*, 2009).

## Necesidades de frío de variedades de melocotonero, nectarino y paraguay

Establecer las necesidades agroclimáticas de las variedades de melocotonero es muy importante ya que así se puede determinar las variedades más adecuadas para cada área climática, tanto para las condiciones climáticas actuales como futuras. Uno de los principales efectos del cambio climático es el incremento de las temperaturas, especialmente durante el invierno

(LUEDELING *et al.*, 2011), lo que provoca una disminución de frío invernal que está causando que las variedades con necesidades de frío altas, que tradicionalmente se han cultivado con éxito en una zona determinada, puedan presentar problemas de adaptación debido a que algunos años no acumulan suficiente frío para superar el reposo y florecer con normalidad. Los signos más característicos de que una variedad no ha cumplido satisfactoriamente sus necesidades de frío son floraciones tardías y erráticas, caída de yemas y/o flores, solapamiento de diferentes estados fenológicos (flores, hojas y frutos), lo que provoca la reducción de la cosecha, que puede llegar a una pérdida total de la misma. En este contexto, para el mantenimiento de la producción de melocotón en las zonas tradicionales es importante tener información sobre las necesidades agroclimáticas de las variedades, así como de las predicciones climáticas que estiman los efectos del cambio climático en una región concreta. De este modo, se puede predecir las probabilidades de que una variedad cumpla sus necesidades de frío según los diferentes escenarios climáticos posibles (FADÓN *et al.*, 2023).

En este trabajo se incluyen datos de necesidades de frío de 128 variedades de melocotonero (Cuadro 1), 26 de nectarino (Cuadro 2) y 7 de paraguay (Cuadro 3) (FADÓN *et al.*, 2020). Las variedades se han agrupado según sus exigencias de frío.

## Perspectivas

El cultivo de melocotones, nectarinas y paraguayos se está expandiendo a zonas más cálidas buscando precocidad y mayor rentabilidad, incluyendo zonas subtropicales y tropicales, en las que hay poco frío invernal que puede provocar falta de cubrimiento de las necesidades de frío. Este problema también se puede encontrar en las zonas tradicionales de cultivo en años de inviernos suaves, especialmente para las variedades más exigentes en frío. A pesar de existir información sobre las necesidades de frío de más de 160 variedades, no existen datos de la mayoría de las variedades cultivadas en la actualidad, especialmente en nectarino y paraguay, en los que hay muy pocos datos disponibles. Además,

**Cuadro 1.** Variedades de melocotonero agrupadas según su exigencia de necesidades de frío invernal (FADÓN *et al.*, 2020).

Exigencias de frío	HF	Cultivares
Muy bajas	<100	Fla. 91–8c, Flordaglo, Late Dwarf, Rich Lady
Bajas	100–400	Bonão, BR–1, BR–3, Cambará do sul, Changbangjoseaeng, Cheonghong, Cheonjoongdo, Coral, Delicioso, Diamante, Early May Crest, Eldorado, Fireprince, Gala, Janghowon, Levante 30, Levante 40, Maravilha, Marfim, María Delizia, María Marta, Okinawa 1, Pepita, Precocinho, Riograndense, Siroco 20, Siroco 30, Siroco 40, Siroco 43, Siroco 5, Spring Lady, Turmalina, Youmyeong
Medias	400–750	Babygold 5, Della Nona, Guglielmina, Maruja, Mistral 30, Momo tsukuba 127, Planalto, Rosa del West, Spring Belle
Altas	750–920	Afterglow, Anjiry Asali, Belle, Best May, Candoka, Catherina, Chinese cling, Chiyohime, Cumberland, Dixigem, Dixigold, Early Elberta, Early Halegaven, Early Hiley, Early Jubilee, Elberta, Elegant Lady, Early–Red–Fre, Fay Elberta, Fireglow, Flaming Gold, Franca, Gage, Gemmers Elberta, Golden Jubilee, Halberta Giant, Halegold, Halehaven, Herbhale, Hiley, Ideal, J.H. Hale, July Elberta, Michelini, Midway, Newday, Pacemaker, Redelberta, Redhaven, Redrose, Rio Oso Gem, Salberta, Shipper Late Red, Southland, Stark Red Gold, Sullivan, Sunhigh, Triogem, Up–to–date, Valiant, Worlds Earliest, Yu Hua Lu
Muy altas	>920	Akatsuki, Anjiry Zafarany, Colora, Dixired, Duke of York, Early Rose, Early Vedette, Early Wheeler, Eclipse, Fairs Beauty, Feicheng Bai Li 10, Fergold, Fisher, Fuzzless Berta, Goldeneast, Haj kamzemi, Hikawahakuhou, Kalhaven, Kosary, Lizzie, Maxime, Mayflower, Nectaross, Qingzhou Bai Pi Mi Tao, Raritan Rose, Salwy, Summercrest, Vedette, Veteran, Zoud Ras

**Cuadro 2.** Variedades de nectarino agrupadas según su exigencia de necesidades de frío invernal (FADÓN *et al.*, 2020).

Exigencias de frío	HF	Cultivares
Muy bajas	<100	Lara, May Glo, Sunraycer
Bajas	100–400	Big Top, Caldessi 2000, Carolina, Early Giant, Firebrite, María Anna, María Lucía, Roseprincess
Medias	400–750	Cortez, Derby, Fantasia, Flavortop, Hahong, Suhong, Sunfre, Sungem
Muy altas	>920	Cheonghong, Collins, Earliscalet, Garden State, Hardired, May Grand, Redgold

en las últimas décadas, los programas de mejora han introducido en el mercado centenares de nuevas variedades, de las que en su mayoría también se desconocen sus necesidades de frío. Esta situación requiere que se investigue sobre el proceso de reposo y en la caracterización de las necesidades de cada variedad.

Con el objetivo de conocer los mecanismos que regulan el reposo y avanzar en el estudio de las necesidades de frío de las variedades, para facilitar la adaptación de los frutales y prevenir impactos negativos del cambio climático en la producción frutal, en el proyecto ADA-PFRUTCC, “Adaptación de variedades frutales al aumento de temperaturas durante el invierno para reducir el impacto del cambio climático en la producción de fruta”, se está estudiando el impacto del cambio climático sobre el reposo invernal, comparando el comportamiento de

**Cuadro 3.** Variedades de paraguay agrupadas según su exigencia de necesidades de frío invernal (FADÓN *et al.*, 2020).

Exigencias de frío	HF	Cultivares
Bajas	100–400	Siroco 5
Medias	400–750	Siroco 10, Carioca, UFO 2, UFO3, UFO4, Sweet Cap

variedades de floración temprana y tardía de melocotonero y otras especies de hueso como albaricoquero, ciruelo japonés y melocotonero, en tres zonas de cultivo con diferentes condiciones climáticas: el Valle del Ebro, las Vegas Bajas del Guadiana y la Costa Subtropical de Málaga. En cada zona se están evaluando las necesidades agroclimáticas de cada variedad mediante el método experimental de forzado

de varetas, y se está analizando la evolución histórica de la acumulación de frío para, en una segunda fase, hacer proyecciones de futuro del frío invernal que habrá a mediados y finales de siglo en dos escenarios, uno en el que habrá una reducción de las emisiones de carbono siguiendo los tratados internacionales y otro en el que se seguirá el ritmo actual de emisiones. Los primeros resultados muestran que en las zonas de clima continental o templado todas las variedades han completado con éxito sus necesidades de frío y florecido con normalidad. Sin embargo, las variedades de altas necesidades de frío presentan problemas de adaptación en las zonas con poco frío invernal, como la variedad de melocotonero ‘Sugar Time’, que no ha acumulado suficiente frío en Málaga para superar el reposo y las yemas no crecieron después del tratamiento en la cámara. Por otro lado, la variedad ‘Alisio 20’ ha completado sus necesidades de frío en todas las zonas, pero las fechas de salida del reposo han variado mucho entre la región de clima continental y la de clima subtropical, ocurriendo en Málaga unas dos o tres semanas más tarde que en Zaragoza. La cuantificación de las necesidades de frío ha mostrado importantes diferencias entre variedades y localizaciones, lo que indica las limitaciones de los modelos climáticos disponibles para cuantificar el frío invernal.

La problemática creciente de falta de frío invernal en muchos años y zonas de cultivo y la expansión del cultivo a zonas más cálidas para adelantar las épocas de maduración hacen necesario profundizar en la investigación de los factores que regulan el reposo y en la caracterización de las necesidades de frío del mayor número posible de variedades, para poder predecir su adaptación a cada zona de cultivo y facilitar la elección varietal para las nuevas plantaciones. •

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto ADAPFRUTCC, que cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de subvenciones para

la realización de proyectos que contribuyan a implementar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021–2030), por la Agencia Estatal de Investigación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (proyecto PID2020–115473RR–I00), la Junta de Extremadura (Grupo de investigación AG021 y Proyecto sectorial RB–Fruit) y el Gobierno de Aragón – Fondo Social Europeo, “El FSE invierte en tu futuro” [Grupo Consolidado A12–17R].

## Bibliografía

- ALONSO J.M., ANSÓN J.M., ESPIAU M.T., COMPANY R.S. (2005). Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130, 308–318.
- FADÓN E., FERNANDEZ E., LUEDELING E., RODRIGO J. (2023). Agroclimatic requirements and adaptation potential to global warming of Spanish cultivars of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *European Journal of Agronomy* 145:126774.
- FADÓN E., HERRERA S., GUERRERO B., GUERRA M., RODRIGO J. (2020). Chilling and Heat Requirements of Temperate Stone Fruit Trees (*Prunus* sp.). *Agronomy* 18;10:409.
- FAOSTAT (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/> (consulta abril 2024)
- FISHMAN S., EREZ A., COUVILLON G.A. (1987). The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two–step model involving a cooperative transition. *Journal of Theoretical Biology* 124:473–483.
- LANG G.A., EARLY J.D., MARTIN G.C., DARRELL R.L. (1987). Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience* 22:371–377.
- LI, Z., REIGHARD G.L., ABBOTT A.G., and BIELENBERG D.G. (2009). Dormancy-associated MADS genes from the EVG locus of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) have distinct seasonal and photoperiodic expression patterns. *Journal of Experimental Botany* 60, 3521–3530.
- LUEDELING, E., GIRVETZ, E.H., SEMENOV, M.A., BROWN, P.H., (2011). Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees. *PLoS ONE* 6.
- LUEDELING E., KUNZ A., BLANKE M.M. (2013) Identification of chilling and heat requirements of cherry trees a statistical approach. *International Journal of Biometeorology* 57, 679–689.
- MAPA (2024). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/> (consulta abril 2024)
- RICHARDSON E.A., SEELEY S.D., WALKER D.R. (1974). A model for estimating the completion of rest for ‘Redhaven’ and ‘Elberta’ peach trees. *HortScience* 9:331–332
- RICHARDSON E.A., SEELEY S.D., WALKER D.R. ANDERSON J., ASHCROFT G.L. (1975). Phenoclimatology of spring peach bud development. *HortScience* 10:236–237
- WEINBERGER J.H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 56:122–128.