

MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE FRÍO INVERNAL: UN TEMA DE INVESTIGACIÓN A LARGO PLAZO QUE SUMA UN AÑO A SUS RESULTADOS.

Severino, V.; Martinelli, L.; Chiara, J.P.; Arias, M.

¹Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal. vseverin@fagro.edu.uy

El frío invernal constituye una de las limitantes de adaptación climática para los frutales de hoja caduca en Uruguay.

La necesidad de frío es muy variable entre especies y variedades y para los cultivos de frutales de pepita, este factor tiene implicancias productivas importantes.

Desde los institutos de investigación la temática ha sido abordada en diferentes momentos históricos. El Instituto de Meteorología (Díaz Clara, 1978), el INIA y la Facultad de Agronomía (Tallice et al, 1987; Severino et al, 2011; Severino et al, 2012) han concentrado esfuerzos en el tema, aportando desde la temática de la modelación hasta los métodos de compensación.

El proceso fisiológico involucrado es la endodormancia, a la cual podemos definir como la imposibilidad de un meristema de desarrollarse aún mientras las condiciones climáticas son favorables y no existe otro órgano que impide que ello ocurra.

El desarrollo de la endodormición comienza en las yemas basales de las brindillas, movilizándose luego, en forma acrópeta (Nars y Wareing, Chandler, citados por Powell, 1987), y el mismo es superado mediante la exposición de los meristemas a bajas temperaturas. Por tanto, uno de los enfoques en esta temática es la cuantificación del frío ocurrido durante el invierno.

¿Por qué cuantificar el frío?

Cuantificar el frío invernal nos permite predecir el comportamiento de los cultivos que presentan endodormancia y esta predicción es un elemento fundamental para generar la zonificación del país en cuanto a su aptitud para plantaciones de frutales de hoja caduca.

Por otra parte, el estudio de la profundidad de la endodormición en especies leñosas originarias de zonas con clima templado cultivadas en regiones subtropicales, resulta de gran importancia a la hora de determinar si es necesario realizar tratamientos que permitan completar los requerimientos necesarios para salir de la dormición (Dennis, 2003) o el momento de realizar los mismos. Por lo tanto, la correcta cuantificación del frío ocurrido aporta información valiosa para el manejo de los cultivos instalados.

La dormición comienza con la paradormición y se profundiza durante la d-endodormición. Cuando la endodormición se hace más débil, durante la s-endodormición, las yemas responden a los agentes quebradores de la dormición. Luego puede presentarse un período de ecodormición en el que la profundidad y duración es dependiente del ambiente (Faust et al, 1997).

Cuantificar adecuadamente el frío ocurrido nos permite determinar cuándo se comienza a salir de la endodormición y por tanto, el momento en el cual los compensadores de crecimiento tendrán más efecto.

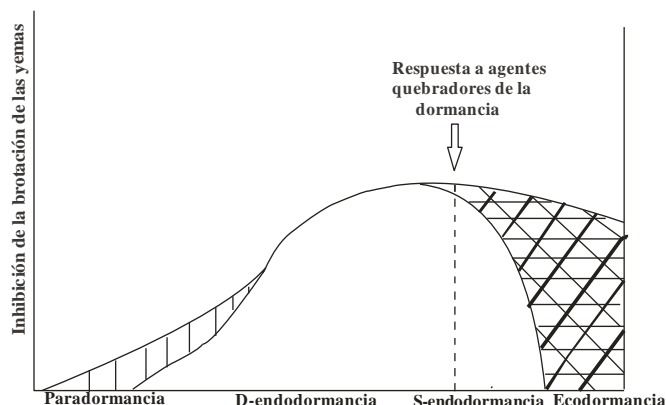


Fig. 1. Representación esquemática de la inhibición de la brotación durante la dormición. Adaptado de Faust et al. (1997).

¿Cómo se cuantifica?

El frío invernal es cuantificado mediante modelos matemáticos aplicados sobre los valores de temperaturas horarias durante los meses de invierno. Desde 1950 cuando Weinberger propone el concepto de Hora Frío se han desarrollado un importante número de modelos. En 1974 es publicado el modelo conocido como “Utah model” que incorpora el concepto de Unidad de Frío (Richardson et al., 1974). Estos dos modelos han tenido una importante adopción en las zonas de cultivo de frutales de hoja caduca, pero han mostrado no predecir correctamente el fin del receso bajo condiciones de inviernos templados.

¿Cuándo cuantificar?

El frío ocurrido es cuantificado anualmente para tomar decisiones sobre el proceso de endodormición de ese ciclo productivo y el análisis histórico del mismo permite consideraciones de adaptación de cultivos.

Dado que el frío invernal tiene su efecto fisiológico sobre los meristemas en endodormición, deberá conocerse el inicio y el fin de este proceso para poder realizar la cuantificación correctamente.

El inicio de la endodormición fue determinado en campo una vez que se alcanza el 50% de hoja caída. El fin de la misma fue determinado en cámara de crecimiento, utilizándose dos métodos, el 50% de brotación, de acuerdo a lo propuesto por Dennis (2003), y la tasa de brotación, como $1/(\text{días hasta } 25\% \text{ de brotado de yemas terminales})$ de acuerdo a la metodología propuesta por Halgryn *et al.* (2001), como forma de determinar una medición adecuada a nuestras condiciones en virtud de la falta de consenso alcanzado en cuanto al protocolo o metodología a seguir (Dennis, Jr, 2003).

La determinación precisa de los requerimientos térmicos necesarios para salir del receso invernal se realiza en condiciones de laboratorio –con la finalidad de controlar las variables ambientales de mayor incidencia (radiación solar, temperatura, humedad relativa, etc)- y algunos de los criterios metodológicos más frecuentemente utilizados que generan discusión al respecto son:

- La necesidad de evaluar plantas enteras en estructuras protegidas o plantas en macetas de diferentes tamaños que permitan el transporte desde el campo a estructuras con condiciones controladas. Sin embargo, la mayoría de los experimentos realizados en dormición de yemas

se han llevado a cabo forzando ramas expuestas en condiciones naturales, a brotación en cámara de crecimiento.

- La definición del *fin del receso invernal*, usualmente tomado como la brotación del 50% de yemas pertenecientes a brindillas de un año luego de un período determinado de exposición a temperaturas de brotación, es cuestionado por Couvillon y Erez por considerarlo un punto arbitrario en la salida de la endodormición y por Halgryn et al (2001) quien propone evaluar la respuesta a la acumulación de frío como el tiempo necesario para que una yema alcance un estado de brotación determinado (tasa de brotación).

- Otro punto en discordancia lo que constituye la determinación de crecimiento o brotación de una yema en sí, variando entre el estado de punta verde para o el porcentaje de yemas que llega a plena floración o a desarrollo vegetativo completo, pero debe considerarse que las brindillas muchas veces consumen sus reservas o se obstruyen los vasos conductores antes de alcanzar dichos estados.

- Consideraciones acerca de trabajar con yemas individuales o brindillas enteras son también realizadas por autores como: Paiva y Robitaille, Plancher (1983).

¿Dónde medir?

Las temperaturas utilizadas pueden provenir de termómetros instalados en la plantación, aunque a los efectos de este trabajo se ha utilizado los valores provenientes de estación meteorológica.

Resultados.

Los métodos evaluados para determinar la salida de la endodormición, 50% de yemas brotadas y tasa de brotación, han mostrado resultados con variaciones menores (figura 2 y cuadro 1). En los primeros años de estudio no se consideró evaluar la tasa de brotación en la planificación de los ensayos, por lo que las evaluaciones no fueron realizadas con la frecuencia necesaria para realizar dicha medición y por tanto los resultados son solo estimativos. A partir del año 2009 se comenzó a evaluar la tasa de brotación.

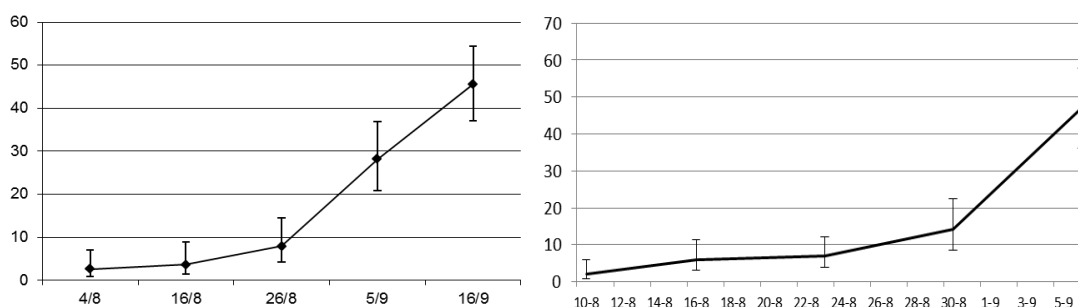


Figura 2. Evolución de la brotación en cámara, a. Gala 2005 (adaptado de Severino, V. et al, 2011) , b. Gala 2014

Cuadro1. Fechas de inicio y fin de endodormición según variedad, año y método de estimación.

	Inicio de endodormición	Fin de endodormición (50% de brotación)	Fin de endodormición (tasa de brotación)
R.Chief 05	02-jun	26-sep	s/d
R.Chief 06	25-may	25-sep	5-10
Red 14	29-may	15-set*	6-9
G.Smith 05	07-jun	16-sep	s/d
G.Smith 06	10-jun	25-sep	26-9
G. Smith 14	25-may	15-set*	30-8
R. Gala 06	26-may	27-sep	s/d
Gala 09	27-may	16-sep	9-set
Gala 14	08-jun	05-sep	30-8

Desde el año 2005 se han desarrollado diferentes tesis que han aportado datos a la evaluación de los diferentes modelos de cuantificación propuestos. Los resultados de la cuantificación del frío para las variedades R.Chief, Granny Smith y Gala se presentan en el cuadro 2.

Para la elección del modelo que más se ajusta al comportamiento de las variedades, hemos definido analizar el coeficiente de variación (cv) de cada modelo para cada variedad y considerando que el mejor modelo es el que presenta el menor cv.

De acuerdo a este criterio, el modelo dinámico ha presentado resultados muy promisorios ya desde los ensayos conducidos en 2005-2006.

Sin embargo, es necesario contar con un mayor número de años para poder establecer a cualquiera de ellos como el modelo de más ajuste.

Cuadro 2. Cuantificación del frío invernal según variedad, año y modelo.

	Richardson	Weimberguer	Shaltout	Richardson positive	Modelo dinámico
R.Chief 05	745	409	1183	1023	532
R.Chief 06	911	552	1321	1072	567
Red 14	935	662	1200	1300	581
Cv	12	24	6	13	5
G.Smith 05	669	312	1039	857	449
G.Smith 06	856	519	1217	987	518
G. Smith 14	935	662	1200	1300	581
Cv	17	37	9	22	13
R. Gala 05	794	392	1184	994	512
R. Gala 06	900	556	1337	1087	587

Gala 09	1009	877	729	1168	525
Gala 14	970	640	1185	1157	512
Cv	10	34	24	7	7

El efecto de los diferentes momentos de aplicación de compensadores sobre los porcentajes de brotación de las distintas yemas que han sido observados en nuestros ensayos concuerdan con lo planteado por los distintos autores que han sido citados.

Puede observarse que la yema apical ha brotado en un porcentaje mayor al 95 independientemente del momento en el que fueron aplicados los tratamientos compensadores. Sin embargo, sobre las yemas laterales, las aplicaciones más tempranas de compensadores solo alcanzaron un 50% de brotación (Figura 3).

Estos resultados son consistentes con el concepto de que los compensadores deben ser aplicados luego de que las yemas se encuentran en s-endormancia o endodormancia liviana, para tener un mayor efecto y que las yemas basales tienen un mayor requerimiento de frío (Young et al., 1995).

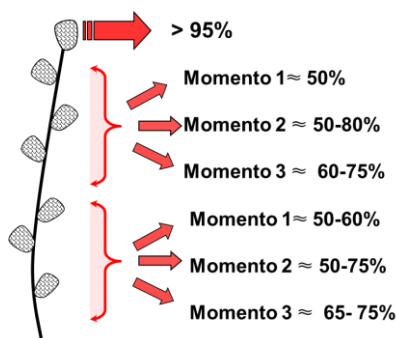


Figura 3. Diagrama mostrando los porcentajes de brotación de yemas en función de su ubicación en la brindilla y el momento de aplicación de compensadores de frío.

Bibliografía.

Couvillon, G.A., G.A. King, C.M. Moore, and P. Bush. 1975. Obtaining small peach plants containing all bud types for “rest” and dormancy studies. *HortScience* 10:78–79.

Dennis Jr. F. 2003. Problems in standardizing Methods for Evaluating the Chilling Requirements for the Breaking of Dormancy in Buds of Woody Plants. *HortScience* 38(3):347-349.

Díaz Clara W. 1978. Primera determinación de horas de frío en el Uruguay. Ministerio de Defensa Nacional. Departamento de Agrometeorología. Nota técnica nº 8. 6 p.

Erez, A., Fishman, S., Linsley-Noakes, G. C.; Allan, P. 1990. The dynamic model for rest completion in peach buds. *Acta Horticulturae*, 276: 165–174.

Halgryn P.J., Theron K.I. and Cook N.C.. 2001. Genotypic response to chilling period of apple buds from two Western Cape localities. *South African Journal of Plant Soil* 18 (1):21-27.

Linsley-Noakes GC, Allan P, Matthee GW. 1994. Modification of rest completion models for improved accuracy in South African stone fruit orchards. *Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences* 4(1):13-15.

Plancher, B. 1983. Chilling requirement of rooted layers, detached shoots, and single-node cuttings of *Ribes nigrum* L. (in German). *Gartenbauwissenschaft* 48:248–255.

Powell, L.E. 1987. Hormonal Aspects of Bud and Seed Dormancy in Temperate-zone Woody Plants. *Hortscience* 22(5): 845-850.

Richardson E.A., Seeley S.D. and Walter D.R. 1974. A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” and “Elberta” Peach trees. *HortScience* 9(4):331-332.

Severino Vivian, Arbiza Héctor, Arias Mercedes, Manzi Matías, Gravina Alfredo. 2011. Modelos de cuantificación de frío efectivo invernal adaptados a la producción de manzana en Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. vol.15, n.2: 19:28

Severino Vivian, Arbiza Héctor, Arias Mercedes, Manzi Matías, Gravina Alfredo. 2012. Manejo de la dormición de manzanos en el sur del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. Vol.16(2): 18-26.

Shaltout A.D. and Unrath C.R. 1983. Effect of some growth regulators and nutritional compounds as substitutes for chilling of ‘Delicious’ apple leaf and flower buds. *Journal of the American Society For Horticultural Science* 108(6):898-901.

Talice R., Contarín S. and Curbelo L. 1987. Evaluación de dos métodos de medida de frío invernal para las condiciones de Uruguay. *Anales IX Congreso Brasileiro de fruticultura*. p. 773-777.

Weinberger J.H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*. 56:122-128

Young, E. 1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(2): 271-273.