

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE POSGRADO**

**ENDODORMANCIA EN MANZANO, AJUSTE DE ESTIMACION Y METODOS
DE MANEJO EN EL SUR DEL URUGUAY**

VIVIAN SEVERINO FERRER

Tesis presentada como parte de las exigencias del Programa de Posgrado de la Facultad de Agronomía en la opción Ciencias Vegetales para la obtención del título de Maestría en Ciencias Agrarias

**MONTEVIDEO, URUGUAY
JULIO DE 2008**

AGRADECIMIENTOS

A mi familia.

Por compartir esta apuesta..... creciendo

Por sostener esta idea..... fuerte

Por disfrutar los logros..... juntos

A mis compañeros de trabajo (los de ahora y los de antes).

Por saber formar parte de estos grandes grupos que me han dado su apoyo constante, crítico y enriquecedor.

Tesis aprobada por:

Director:

Nombre completo y firma

Tribunal:

.....

Nombre completo y firma

.....

Nombre completo y firma

.....

Nombre completo y firma

Fecha

Autor:

Nombre completo y firma

INDICE

<u>UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA.....</u>	<u>1</u>
<u>FACULTAD DE AGRONOMIA.....</u>	<u>1</u>
<u>pROGRAMA DE POSGRADO.....</u>	<u>1</u>
<u>eNDODORMANCIA EN MANZANO, AJUSTE DE ESTIMACION Y</u>	
<u>METODOS DE MANEJO EN EL SUR DEL URUGUAY.....</u>	<u>1</u>
<u>VIVIAN SEVERINO FERRER.....</u>	<u>1</u>
<u>Montevideo, Uruguay.....</u>	<u>1</u>
<u>Julio de 2008.....</u>	<u>1</u>
<u>agradecimientos.....</u>	<u>2</u>
<u>indice.....</u>	<u>4</u>
<u>indice de cuadros y figuras.....</u>	<u>6</u>
<u>Capitulo 1. Introduccion</u>	<u>10</u>
<u>Bibliografía.....</u>	<u>18</u>
<u>Capitulo 2:</u>	<u>24</u>
<u>modelos de cuantificación de frío efectivo adaptados a la</u>	
<u>producción de manzana en el sur de uruguay.....</u>	<u>24</u>
<u>Introducción.....</u>	<u>24</u>
<u>materiales y metodos.....</u>	<u>27</u>
<u>Determinación del período de acumulación de frío.....</u>	<u>28</u>
<u>Brotación en campo.....</u>	<u>31</u>
<u>Análisis estadístico.....</u>	<u>32</u>
<u>resultados.....</u>	<u>32</u>
<u>discusion.....</u>	<u>38</u>
<u>Bibliografía.....</u>	<u>41</u>
<u>capitulo 3:</u>	<u>46</u>
<u>Compensación de requerimientos de frío insatisfechos de</u>	
<u>manzanos en condiciones del sur del uruguay.....</u>	<u>46</u>
<u>Introducción.....</u>	<u>46</u>

<u>materiales y metodos.....</u>	<u>48</u>
<u>resultados.....</u>	<u>52</u>
<u>discusión.....</u>	<u>61</u>
<u>bibliografía.....</u>	<u>63</u>
<u>Capitulo 4: Conclusiones.....</u>	<u>71</u>
<u>Resumen. </u>	<u>76</u>
<u>Abstract </u>	<u>77</u>

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<u>UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA.....</u>	<u>1</u>
<u>FACULTAD DE AGRONOMIA.....</u>	<u>1</u>
<u>pROGRAMA DE POSGRADO.....</u>	<u>1</u>
<u>eNDODORMANCIA EN MANZANO, AJUSTE DE ESTIMACION Y</u>	
<u>METODOS DE MANEJO EN EL SUR DEL URUGUAY.....</u>	<u>1</u>
<u>VIVIAN SEVERINO FERRER.....</u>	<u>1</u>
<u>Montevideo, Uruguay.....</u>	<u>1</u>
<u>Julio de 2008.....</u>	<u>1</u>
<u>agradecimientos.....</u>	<u>2</u>
<u>indice.....</u>	<u>4</u>
<u>indice de cuadros y figuras.....</u>	<u>6</u>
<u>Capitulo 1. Introduccion</u>	<u>10</u>
<u>Bibliografía.....</u>	<u>18</u>
<u>Capitulo 2:</u>	<u>24</u>
<u>modelos de cuantificación de frío efectivo adaptados a la</u>	
<u>producción de manzana en el sur de uruguay.....</u>	<u>24</u>
<u>Introducción.....</u>	<u>24</u>
<u>materiales y metodos.....</u>	<u>27</u>
<u>Determinación del período de acumulación de frío.....</u>	<u>28</u>
<u>Cuadro 2.1 Escalas propuestas para los modelos UTAH (Richadson et al.,</u>	
<u>1974) y Shaltout y Unrath (Shaltout y Unrath, 1983).....</u>	<u>29</u>
<u>Figura 2.1. Esquema de cálculo de UF según el Modelo Dinámico.....</u>	<u>30</u>
<u>Cuadro 2.2. Matriz de cálculo de UF según el modelo para condiciones</u>	
<u>subtropicales (del Real Laborde et al., 1990).....</u>	<u>31</u>
<u>Brotación en campo.....</u>	<u>31</u>
<u>Análisis estadístico.....</u>	<u>32</u>
<u>resultados.....</u>	<u>32</u>
<u>Cuadro 2.3. Período de endodormancia estimado y cuantificación de</u>	
<u>unidades de frío estimados con datos provenientes de</u>	

<u>sensores en campo, según modelo para ambos años y cultivares.....</u>	<u>33</u>
<u>Figura 2.2. Evolución del porcentaje de brotación en cámara de crecimiento para ambos cultivares y años. a) Red Chief, 2005; b) Granny Smith, 2005; c) Red Chief, 2006 y d) Granny Smith, 2006....</u>	<u>34</u>
<u>Cuadro 2.4. Cuantificación del frío ocurrido en el período de endodormancia de cada combinación año-cultivar según los diferentes modelos de cálculo con datos provenientes de estación meteorológica.....</u>	<u>35</u>
<u>Cuadro 2.5. Porcentaje de variación de la cuantificación realizada en el 2006 en relación a la realizada en la temporada 2005.....</u>	<u>36</u>
<u>Figura 2.3. Evolución del porcentaje de brotación en campo según año y cultivar.....</u>	<u>38</u>
<u>discusion.....</u>	<u>38</u>
<u>Bibliografía.....</u>	<u>41</u>
<u>Anexo 2.1</u>	<u>45</u>
<u>capitulo 3:</u>	<u>46</u>
<u>Compensación de requerimientos de frío insatisfechos de manzanos en condiciones del sur del uruguay.....</u>	<u>46</u>
<u>Introducción.....</u>	<u>46</u>
<u>materiales y metodos.....</u>	<u>48</u>
<u>Figura 3.1. Escala de desarrollo de estructuras reproductivas (Adaptado de: Chapman P. and Catlin A. Growth Stages in Fruit Trees-From Dormant to Fruit Set. Plant Sciences Entomology (Geneva):11).....</u>	<u>51</u>
<u>resultados.....</u>	<u>52</u>
<u>Figura 3.2. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Red Chief, temporada 2005.....</u>	<u>54</u>

<u>Figura 3.3. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Red Chief, temporada 2006.....</u>	<u>54</u>
<u>Figura 3.4 Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Granny Smith, temporada 2005.....</u>	<u>55</u>
<u>Figura 3.5 Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Granny Smith, temporada 2006.....</u>	<u>55</u>
<u>Cuadro 3.1 Significancia de efectos principales de los factores (producto, momento) e interacción sobre el porcentaje de brotación según cultivar y año.....</u>	<u>56</u>
<u>Cuadro 3.2 Porcentaje final de brotación según cultivar, año y momento de aplicación.....</u>	<u>57</u>
<u>Cuadro 3.3 Estado de desarrollo de estructuras (escala detallada en la figura 1) según cultivar, año y momento de aplicación.....</u>	<u>58</u>
<u>Cuadro 3.4 Porcentaje de brotación según la ubicación de la yema en la brindilla y momento de aplicación de productos para cada condición cultivar-año.....</u>	<u>59</u>
<u>Cuadro 3.5 Indicadores de madurez según tratamiento en el cultivar Granny Smith.....</u>	<u>60</u>
<u>Cuadro 3.6 Contenido de sólidos solubles (° Brix) y presión de pulpa (kg/cm²) según tratamiento en el cultivar Red Chief.....</u>	<u>61</u>
<u>discusión.....</u>	<u>61</u>
<u>bibliografía.....</u>	<u>63</u>
<u>Anexo 3.1</u>	<u>67</u>
<u>Anexo 3.2</u>	<u>68</u>
<u>Anexo 3.3</u>	<u>69</u>
<u>Anexo 3.4</u>	<u>70</u>
<u>Capitulo 4: Conclusiones.....</u>	<u>71</u>
<u>Resumen.</u>	<u>76</u>

CAPITULO 1. INTRODUCCION

En Uruguay la producción de manzana (*Malus domestica*) representa la mayor producción de frutales de hoja caduca, constituyendo el 49% de la superficie en producción y el 60% de producción total expresado en toneladas (DIEA, 2007). En la última década el crecimiento ha estado fuertemente asociado a la exportación de fruta. Este destino ha mostrado una tendencia creciente, aumentando de 2.499 toneladas en 1997 (Tambler, 2005) a un máximo de 10.921 toneladas por valor de 4.900.000 U\$S en 2007 (Tambler, 2007).

Dichas exportaciones tienen como principal destino Europa y aunque la calidad que dicho mercado exige es alcanzada, las condiciones climáticas de Uruguay presentan algunas limitantes. Estas limitantes determinan, desde dificultades para estabilizar altos rendimientos, hasta problemáticas vinculadas a la calidad de la fruta producida. Condiciones ambientales poco propicias para la polinización, excesiva radiación solar en verano, limitantes térmicas que determinan formas poco atractivas o deficiencias de coloración en algunos cultivares de manzano, junto a la irregular disponibilidad de frío invernal, constituyen algunos ejemplos de estas limitantes y tienen en común la dificultad de ser modificadas en los sistemas de producción frutícola (Agustí, 2004).

Sin embargo, existen elementos que otorgan a estos cultivos una fuerte relevancia desde el punto de vista socioeconómico; entre ellos podemos destacar, la importancia de las frutas en la nutrición humana (CNSUP, 2004) y por tanto la necesidad de constancia en la oferta al mercado interno y externo; la fuerte tradición asociada a las corrientes inmigratorias europeas que desde finales del siglo XIX apostaron al fortalecimiento de la fruticultura entre otros rubros (Beretta, 2005); y la disponibilidad de mercados del hemisferio norte en condición de contra estación.

Para los cultivos de hoja caduca, y dentro de ellos el cultivo de manzana que cuenta con cultivares de altos requerimientos de frío, la deficiente oferta de frío

invernal podría considerarse como la primer condición del ciclo anual, en la determinación del éxito agronómico del cultivo.

El clima de Uruguay es clasificado por la Dirección Nacional de Meteorología (2008) dentro de la categoría de Koeppen “Cfa” (Templado y húmedo, tipo “C”; Precipitaciones todo el año, tipo “f”; Temperatura del mes más cálido superior a 22°C; tipo “a”) y presenta una importante variabilidad climática interanual que se expresa fuertemente en los regímenes térmicos y de precipitaciones. De los fenómenos estudiados, el ENSO (El Niño-Oscilación Sur) es el que más impacto tiene sobre las lluvias y temperaturas de diferentes zonas del mundo, entre las que se encuentra el SE de América del Sur (incluyendo al Uruguay) (Giménez *et al.*, 2004)

Esta variabilidad asociada a la elevada velocidad media de los vientos (mayor a 17Km/h) y la alta humedad relativa (75%), determinan una condición de marginalidad que podría verse incrementada en futuros escenarios que resulten del proceso de cambio climático.

En las décadas del 70 y 80, las características del frío invernal con relación a la producción frutícola fueron motivo de investigación nacional. Las regionalizaciones realizadas por Díaz Clara (1978) y Tállice *et al.* (1987), junto a ensayos de compensación de frío y la puesta a punto de la Unidad de Agro-clima y Sistemas de información (GRAS), del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), constituyeron una línea de investigación que determinó la utilización de los modelos de Horas de frío (Weinberger, 1950) y UTA (Richardson *et al.*, 1974) para la cuantificación del frío ocurrido durante el período de reposo invernal.

Estos 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 (Shaltout y Unrath, 1983). La falta de ajuste ha sido planteada por Tállice *et al.* (1987) para el método propuesto por Weinberger en 1950, Horas de frío, mostrando las diferencias de comportamiento presentados por especies con distintos requerimientos de frío entre la zona sur y norte del Uruguay y la similitud de las cuantificaciones

realizadas. Este autor consideró al método Utah (Richardson *et al.*, 1974) como el más adecuado para identificar regiones de frío efectivo diferentes, aunque posteriormente Lorenzo *et al.*, (2003) reportaron que la predicción del comportamiento vegetal en función de este método no es satisfactoria.

El frío promedio existente en el sur del Uruguay contabilizado por el método de horas de frío (Weinberger, 1950) es de 580 h, variando en todo el país entre 548 y 702. (Tálice *et al.* 1987). Las unidades de frío calculadas según el modelo Utah (Richardson *et al.*, 1974) varían entre 531 y 1050, norte y sur respectivamente (Tálice *et al.*, 1987), mientras que los requerimientos de frío para la especie *Malus domestica* se encuentra entre 1200 y 1500 o entre 800 y 1700 horas de frío (Childers, 1982 y Westwood, 1982, respectivamente), lo cual explica la limitante expresada en la producción.

En función de las proyecciones relacionadas al calentamiento global, expuestas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2001), es esperable una disminución de ocurrencia de frío invernal, lo cual otorga a la disponibilidad de información y el ajuste metodológico, primordial relevancia para la implementación de medidas de adaptación.

El contexto descrito anteriormente tanto en relación a la caracterización de la ocurrencia de frío invernal, el deficiente estudio relativo a la adaptación de las diferentes especies y cultivares, y el deficiente ajuste de los modelos de cuantificación del frío invernal, determinan fuertes limitantes a la implementación de medidas de manejo adecuadas y dificultan la evaluación de la adaptación de nuevas especies o cultivares a nuestro clima.

Otros elementos que no han sido evaluados bajo nuestras condiciones, y que podrían ser relevantes en la interpretación del comportamiento de los diferentes cultivares podrían ser la relación existente entre el frío acumulado durante el invierno y la acumulación de unidades de calor requeridas para el desarrollo de

las yemas de flor y vegetativas (Naor *et al.*, 2003) ya que su interacción puede complicar el proceso de salida de la dormancia (Labuschagné *et al.*, 2003) y las diferencias en las temperaturas efectivas para acumular frío dependiendo del cultivar (Putti *et al.*, 2003).

Los efectos negativos de la falta de acumulación de frío invernal para el levantamiento de la endodormancia sobre la producción de diferentes especies frutales están ampliamente reportados (Arora *et al.*, 2003; Fennell, 1999; McPherson *et al.*, 1997). Dado que los cultivos frutales permanecen muchos años en producción y que la influencia de las condiciones de producción de un año se manifiestan durante algunos ciclos productivos, la importancia de levantar correctamente esta limitante es fundamental (Faust, 1989; Lakso, 1994).

Como proceso de adaptación a condiciones desfavorables, las plantas desarrollaron secuencias de crecimiento en varios estados; la dormancia es uno de ellos (Okubo, 2000). Las respuestas de los frutales caducifolios a las condiciones de frío invernal son variadas. Los diferentes genotipos muestran desde distintos mecanismos de adaptación al estrés por frío (desaturación de lípidos, cambios de viscosidad, hidratación) que resultan en el mantenimiento de la funcionalidad de las membranas (Erez, 2000), presentando según Agustí (2004) las fases de “maduración y endurecimiento de la madera”, hasta la manifestación del proceso de endodormancia. Este último no solo implica una suspensión temporaria del crecimiento visible en cualquier estructura que contiene un meristema (Lang *et al.*, 1987), sino que también incluye cambios dinámicos de crecimiento de los primordios que inicializan y desarrollan órganos durmientes específicos antes de la temporaria suspensión del crecimiento visible (Okubo, 2000). La transición por la dormancia y la resistencia al frío se dan parcialmente superpuestos, haciendo difícil asociar los cambios fisiológicos y moleculares específicos con uno u otro evento (Wisniewski y Arora, 2000).

La endodormancia como condición particular de la dormancia es definida por Dennis (1994, 2003) como una condición determinada por factores internos a la yema, independiente del ambiente (ecodormancia) y de otras estructuras de la planta (paradormancia). Los dos factores ambientales que inducen el pasaje de la paradormancia hacia la endodormancia en yemas, simultáneamente con el inicio de la aclimatación al frío de la planta son el acortamiento del fotoperíodo y las bajas temperaturas (Arora *et al.*, 2003; Cook y Jacobs, 2000).

La respuesta a las bajas temperaturas tiene, en relación con la endodormancia, dos manifestaciones: por un lado induce su entrada y por otro promueve su salida. Mientras que las altas temperaturas también provocan efectos diferentes dependiendo del estado de dormancia.

En aquellos genotipos que presentan endodormancia, se observa una reducción gradual de la intensidad de ésta, en la medida en que la acumulación del frío remueve el bloqueo fisiológico del crecimiento de la yema (Dennis, 2003), mientras que las altas temperaturas afectan negativamente este proceso (Labuschagné *et al.*, 2003).

Fennell (1999) coincide con Okubo (2000) en que, aunque los hábitos de crecimiento están genéticamente controlados existen ejemplos de cambios en los mismos que son dependientes de cambios ambientales, expresando que las interacciones de genotipo con los factores medioambientales y las prácticas culturales continúan limitando nuestra habilidad para predecir de forma consistente y regular la inducción el mantenimiento y la salida de la dormancia.

Desde el punto de vista del mecanismo endógeno que regula el proceso se han estudiado las variaciones en los niveles hormonales, principalmente giberelinas (GAs) y ácido abscísico (ABA) (Arora *et al.*, 2003; Guak y Fuchigami, 2001; Dennis, 1994), estados hídricos y proteínas ligadas al agua (Arora *et al.*, 2003; Parmentier *et al.*, 1998; Erez *et al.*, 1998), así como estados tróficos (Rageau, 2002; Dennis,

1994; Bonhomme *et al.*, 2000) y más recientemente se han publicado abordajes moleculares y genéticos sobre la regulación del proceso (Arora *et al.*, 2003)

Simultáneamente al estudio de los mecanismos de control endógeno, desde 1932 se han desarrollado modelos abocados a cuantificar el frío invernal permitiendo describir y predecir el comportamiento vegetal. Han sido muchos los modelos propuestos a este propósito para los cultivos de duraznero, manzano, arándanos, almendro y kiwi (Weinberger, Hansel, Erez y Lavee, Richardson *et al.*, Fuchigami *et al.*, Shaltot y Unrath, Couvillon y Erez, Fishman *et al.*, del Real Laborde y Hanninen, citados por Seeley, 1994; Norvell y Moore, 1982; Alonso *et al.*, 2005 y Austin *et al.*, 2005). La evolución de estos modelos ha incorporado los avances alcanzados desde la caracterización del proceso de dormancia, y las incógnitas que aún permanecen en dicho ámbito explican en parte las dificultades en ésta área.

Si bien las bajas temperaturas son el factor más importante en determinar la salida de la dormancia otros, como las altas temperaturas, intensidad de luz y humedad pueden afectar también la evolución de la endodormancia (Freeman y Martin citado por Alonso *et al.*, 2005). En este sentido, Erez y Couvillon (1987) concluyen acerca del efecto negativo de la luz sobre la acumulación de frío, y Shirazi (2003) manifiesta que las bajas temperaturas y el fotoperíodo no son completamente independientes, mientras que Agustí (2004) integra a la temperatura del aire, la humedad relativa y la radiación entre los factores que determinan la temperatura específica de las células, tejidos y órganos.

Por otra parte, y como manifiesta Rageau (2002), la manera en que se ha resuelto el problema del momento a partir del cual el frío comienza a contribuir para la eliminación de la dormancia está basado en una fecha empíricamente escogida, pudiéndose ver claramente que muchas unidades de frío son contabilizadas antes de que la endormancia haya llegado a su máximo y por lo tanto en la realidad estas horas no son útiles para su superación.

El ajuste de la descripción del estado de endodormancia es de mucha relevancia para decidir la aplicación de compensadores de frío. Para ello se han desarrollado dos caminos complementarios: la evaluación del estado de dormancia presente en una estructura determinada (Bonhomme *et al.*, 2000) y la modelización de las condiciones climáticas (fundamentalmente temperatura) que permita estimar el avance de la dormancia. Por una parte, la metodología del test de nucleótidos (NT) propuesta por Gendraud en 1975 permite determinar el estado de la endodormancia mediante un test de laboratorio, pero su ajuste se limita a yemas vegetativas de algunas especies frutales y desafortunadamente no es operativo en primordios florales; el resultado podría no reflejar exactamente el estado de dormancia existente cuando se inicia el proceso, y los resultados podrían no expresarse en la misma base para las distintas yemas (Bonhomme *et al.*, 2000). Por otra parte, los modelos de cuantificación de frío han mostrado mayor o menor ajuste en diferentes condiciones pero no existe uno que integre los elementos del clima que influyen en la salida de la dormancia de manera de ofrecer la posibilidad de adaptarse a diferentes especies o características climáticas.

El estudio de la respuesta a la aplicación de productos químicos es de suma relevancia en la definición de los manejos realizados y puede contribuir de forma importante a la interpretación del ajuste de los modelos de cálculo de requerimientos de frío invernal.

Dada la singularidad de la respuesta de una especie o cultivar en un ambiente dado, la falta de información acerca del proceso de endodormancia bajo nuestras condiciones, y la información que apoya que la respuesta a los productos químicos es fuertemente dependiente del estado de endodormancia en que son aplicados (Agustí, 2004; Manzi, 2007) es que entendemos que el análisis de la respuesta a las aplicaciones de compensadores puede resultar muy valiosa para el ajuste de modelos de cálculo.

Se han desarrollado un gran número de sustancias que pueden ser utilizadas como compensadores de frío (Erez y Couvillon, 1987) y la presencia de una importante interacción entre el efecto de los productos químicos aplicados y las condiciones ambientales en el momento del tratamiento y con posterioridad al mismo hacen complejo su uso (sois *et al.*, 2007). Los productos utilizados han variado en función de su eficiencia en el rompimiento de la dormancia, sus características en relación con la inocuidad ambiental y a su efecto sobre la salud humana, siendo los más utilizados en el país los aceites minerales y la cianamida hidrogenada (Manzi, 2007)

A pesar del importante número de investigaciones en esta temática, la necesidad de generar una metodología capaz de contribuir de forma general en la toma de decisiones acerca de la necesidad o no de aplicación de compensadores de frío, el momento de realizar dicha intervención, la respuesta esperada por parte del vegetal a una aplicación determinada, etc., continúa presente. No obstante ello, los avances mencionados permiten describir el proceso para determinadas especies en determinadas condiciones climáticas con buenos resultados.

El presente trabajo pretende contribuir a la descripción de la relación entre el proceso de endodormición y la ocurrencia de frío invernal así como avanzar en la determinación de criterios para el manejo del citado proceso. Este objetivo se plantea para los cultivares de manzana de más amplia difusión en las condiciones de cultivo del sur del Uruguay.

El abordaje de la temática de los modelos de cuantificación de frío efectivo permite avanzar en la descripción del proceso y constituye el punto de inicio para poder definir estrategias en la toma de decisión acerca de la utilización de productos compensadores.

El estudio del efecto de la aplicación de productos compensadores, permite caracterizar dicha medida, definiendo los efectos principales del momento de aplicación y el tipo de producto aplicado sobre las características de la brotación,

momento y magnitud. Adicionalmente los resultados obtenidos con la aplicación de productos compensadores contribuyen al análisis del ajuste de los diferentes modelos de cálculo de frío invernal.

BIBLIOGRAFÍA

Agustí M. 2004. Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 493p.

Alonso J., Ansón J., Espiau M. and Company R. 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. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 130(3): 308-318.

Arora R., Rowland L. and Tanino K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience*, 38(5): 911-921.

Austin P., Hall A., Snelgar W. and Currie M. 2005. Modelling Kiwifruit Budbreak as a Function of Temperature and Bud Interactions. *Annals of Botany* 89:695-706.

Beretta A. 2005. Inmigración europea y desarrollo vitivinícola en la modernización del Uruguay: la construcción de redes de productores y la socialización de conocimientos y prácticas (1870/1916). *Universum* 20(2): 252-267.

Bonhomme M, Rageau R. and Gendraud M. 2000. ATP, ADP and NTP contents in Vegetative and Floral Peach Buds During Winter: Are They Useful for Characterizing the Type of Dormancy? In *Dormancy in plants*. CABI publishing. 245-257.

Childers N. 1982. Fruticultura moderna, cultivo de frutales y arbustos frutales. Editorial hemisferio sur. Tomo I 432p.

CNSUP (Comité De Nutrición De La Sociedad Uruguaya De Pediatría), 2004.
Guías de alimentación del niño preescolar y escolar. Arch Pediatr Urug ; 75(2):
159-163

Cook N. and Jacobs G. 2000. Progression of apple (*Malus x domestica* Borkh.)
bud dormancy in two mild winter climates. J. Hort. Sci. & Biotech., 75(2): 233-
236.

Dennis F. 1994. Dormancy - what we know (and don't know). HortScience, 29(11):
1249-1255

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): 347-350.

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.

DIEA. 2007. Encuesta Frutícola, Zafra 2006/07. Ministerio de Ganadería
Agricultura y Pesca. Serie Encuestas nº 254. 29 p.

Dirección nacional de meteorología, 2008. Consultado en:
http://www.meteorologia.com.uy/caract_climat.htm#clasclimat 14/11/2008

Erez A. 2000. Bud Dormancy: a Suggestion for the Control Mechanism and its
Evolution. In Dormancy in plants. CABI Publishing:23-33.

Erez A. and Couvillon G.A. 1987. Characterization of the influence of moderate
temperatures on rest completion in peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci.,
112(4):677-680.

- Erez A., Faust M. and Line M.J. 1998. Changes in water status in peach buds on induction, development and release from dormancy. *Sci. Hortic.* 73:111-123.
- Faust M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. John Wiley and Sons. N. York. 338p.
- Fennell A. 1999. Systems and approaches to studying dormancy: Introduction to the workshop. *HortScience*, 34(7):1172-1173.
- Giménez A., Castaño J.P., Olivera L., Furest J. y Baethgen W. 2004. Algunas consideraciones sobre el clima, la producción agropecuaria y la toma de decisiones. Consultado en:
http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/ambiente/gras_agosto04.pdf. 14/11/2008
- Guak S. and Fuchigami L.H. 2001. Effects of applied ABA on growth cessation, bud dormancy, cold acclimation, leaf senescence and N mobilization in apple nursery plants. *J. Hort. Sci. & Biotech.*, 76(4):459-464.
- IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881p.
- Labuschagné I.F., Louw J.H., Schmidt K, and Sadie A. 2003. Budbreak number in apple seedlings as selection criterion for improved adaptability to mild winter climates. *Hortscience* 38(6):1186-1190.

- Lakso A.N. 1994. Apple. In: Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol 1: Temperate crops. B. Schaffer and PC. Andersen. Editors. Ed. CRS press. Florida.
- Lang G., Early J., Martin G. and Darnell R. 1987. Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. *Horscience*, 22:371-377.
- Lorenzo M., Martínez N. y Vidart M. 2003. Estudio de la diferenciación floral y el requerimiento de frío invernal en cuatro cultivares de duraznero [*Prunus persica* (L.)Batsch]. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UDELAR, 115p.
- Manzi M. 2007. Evaluación de diferentes tratamientos compensadores de frío en manzanos (*Malus domestica* Borkh.) Cv. 'Royal Gala'. Tesis de grado. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 74 p.
- Mc Pherson H.G., Snelgar W.P., Manson P.J. and Snowball A. 1997. Bud respiration and Dormancy of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Annals of Botany* 80: 411-418.
- Naor A., Flaishman M., Stern R., Moshe A. and Erez A. 2003. Temperature effects on dormancy completion of vegetative buds in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128(5):636-641.
- Norvell D.J. and Moore J.N. 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.
- Okubo H. 2000. Growth Cycle and Dormancy in Plants. In *Dormancy in plants*. CABI Publishing:1-22.

- Parmentier C.M., Rowland L.J. and Line M.J. 1998. Water status in relation to maintenance and release from dormancy in blueberry flower buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 123(5): 762-769.
- Putti G., Petri J. and Mendez M. 2003. Temperaturas efetivas para a dormencia da macieira (*Malus domestica* Borkh). Rev. Bras. Frutic. 25(2)
- Rageau R. 2002. Novos conceitos em dormencia de fruteiras de clima temperado. Anales Congreso Brasileiro de Fruticultura: 185-201.
- 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.
- 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. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 108(6):898-901
- Seeley S. 1994. Dormancy-the black box. Hortscience, 29(11): 1248.
- Shirazi A.M. 2003. Standardizing methods for evaluating the chilling requirements to break dormancy in seeds and buds (including geophytes): introduction to the workshop. HortScience, 38(3):334-335.
- Sozzi, G., Gariglio, N. y Figueroa, M. 2007. Dormición en árboles frutales de hoja caduca. En: Arboles frutales, ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. pp:83-103. Ed. Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.
- Tambler A. 2005. Frutales de hoja caduca: situación y perspectivas. Consultado en:

<http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario05/CadenasProductivas/frutales%20hoja%20cadu.pdf> 14/11/2008

Tambler A. 2007. Frutales de hoja caduca: situación y perspectivas. Consultado en:
http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario07/docs/15_Frutales.pdf
31/3/2008

Tállice R., Contarín S. y 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. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 56:122-128

Westwood N.H. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundiprensa. 441 p.

Wisniewski M. and Arora R. 2000. Seasonally Regulated Proteins in Peach [*Prunus persica* L. Batsch]: What Are They and What Do They Do?. In Dormancy in plants. CABI Publishing:161-172.

CAPITULO 2:

MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE FRÍO EFECTIVO ADAPTADOS A LA PRODUCCIÓN DE MANZANA EN EL SUR DE URUGUAY.

Severino Vivian.

Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. Garzón 780.

Montevideo, Uruguay.

Palabras clave: Horas de Frío, *Malus domestica*, Unidades de Frío.

INTRODUCCIÓN

El período de dormancia invernal que presentan los cultivos frutales de hoja caduca marca el fin de un ciclo productivo y el inicio del siguiente, constituyendo a la vez el nexa entre ambos. Bajo las condiciones de cultivo del sur del Uruguay dentro de este período pueden distinguirse dos procesos: endodormancia y ecodormancia. El primero es controlado dentro de la propia estructura y el segundo controlado ambientalmente (Dennis, 1994). De estos procesos se centrará la atención en el de endodormancia, el cual en términos generales se considera inducido principalmente por el acortamiento de los días y en segundo lugar las bajas temperaturas (Arora *et al.*, 2003; Welling *et al.*, 2004), aunque según Sozzi *et al.*(2007) en el género *Malus* la dormancia no es afectada por el fotoperíodo. En relación a la salida, parece existir consenso en que el principal promotor serían las bajas temperaturas (Erez, 2000). La endodormancia está influenciada por las condiciones del ciclo precedente y determina características del siguiente, afectando la intensidad y distribución de la brotación y constituyendo la primera instancia en la determinación de la producción.

Bajo las condiciones climáticas de Uruguay (ubicado entre 30 y 35 ° S y alturas máximas sobre el nivel del mar de aproximadamente 500m) en donde la deficiencia de frío invernal se muestra muchos años como una limitante para la

producción, la satisfacción de los requerimientos de frío para salir de la endodormancia adquiere una gran importancia.

Las necesidades de frío invernal para la salida de la endodormancia están determinadas genéticamente y son características de cada especie y cultivar (Botelho y Müller, 2007).

La producción de manzanas en Uruguay está basada actualmente en cultivares con medios a altos requerimientos de frío, los cultivares del grupo Red Delicious, con Granny Smith como polinizadora alcanzan el 84% de la producción total, y las nuevas plantaciones incluyen cultivares de los grupos Gala, Fuji y Cripps Pink, que comprenden un 14% de la producción total (MGAP, 2006).

Una de las herramientas utilizadas en la producción para predecir las características de la brotación y determinar la necesidad de aplicación de productos compensadores de frío, es la modelación de las condiciones climáticas del invierno. La correcta cuantificación del frío ocurrido, ha constituido desde 1932, un campo de estudio que aún permanece activo. En 1950, Weinberger propone el concepto de Hora Frío, y en 1974 es publicado por Richardson *et al.*, el modelo conocido como "Utah model" que incorpora el concepto de Unidad de Frío. Estos 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 (Shaltout y Unrath, 1983).

Durante las décadas de 1980 y 1990 se han desarrollado modelos de cuantificación del frío efectivo para la salida de la endodormancia generados para diferentes tipos de clima y especies. Estos nuevos modelos incorporan modificaciones de rangos de temperatura determinados para otros cultivares o especies basados en el concepto de unidades de frío, como es el caso del modelo propuesto por Shaltout y Unrath (1983). Posteriormente en 1987, Erez y Couvillon publican el modelo dinámico, en el cual se describe la salida de la dormancia como un proceso en dos pasos. El primer paso se asume como un proceso reversible de formación y destrucción de un precursor térmicamente lábil. Cuando una porción crítica del precursor es almacenada, este es transferido irreversiblemente en el segundo paso en una porción de un factor estable (Erez *et*

al., 1990). Este concepto se incorpora en el modelo desarrollado por Linsley-Noakes *et al.* en 1994 denominado Unidades de Frío Positivas, en el cual se contabiliza el frío ocurrido de acuerdo al modelo Utah, pero sin trasladar unidades de frío negativas de un día al siguiente, por lo que el mínimo de unidades de frío que pueden ser acumulados en un día es cero (Cook y Jacobs, 2000). El modelo propuesto por del Real Laborde *et al.* (1990), denominado Modelo para Condiciones Subtropicales, propone variaciones en el efecto provocado por los diferentes rangos de temperatura en función del avance del proceso de endormancia.

Según Fennell (1999) las interacciones de genotipo con los factores medioambientales y las prácticas culturales continúan limitando nuestra habilidad para predecir de forma consistente y regular la inducción, el mantenimiento y la salida de la dormancia, por lo que algunos autores plantean la necesidad de desarrollar o adaptar modelos para condiciones específicas de especies y clima (Rageau, 2002; Erez y Couvillon, 1987).

En nuestro país la ocurrencia de frío invernal se cuantifica exclusivamente según los modelos propuestos por Weinberger (1950) y Richardson *et al.* (1974), y la investigación realizada hasta el momento se ha centrado en la regionalización del país según dichos modelos. Díaz Clara, en 1978 determinó isolíneas de horas de frío utilizando información de las estaciones de la Dirección Nacional de Meteorología y posteriormente en 1987, Talice *et al.*, concluyeron que el modelo de Richardson ajusta más al comportamiento de cultivares de duraznero, que el modelo de horas de frío propuesto por Weinberger. Estudios posteriores en la misma especie constatan falta de ajuste entre las predicciones realizadas con estos modelos y el comportamiento de los cultivares en campo (Lorenzo *et al.*, 2003) confirmando la observación realizada por productores y técnicos vinculados al cultivo.

Otro punto crítico en la cuantificación del frío lo constituye el momento de inicio del cálculo de frío efectivo para la salida de la dormancia, que es generalmente una fecha empíricamente escogida, determinando que muchas unidades de frío contabilizadas no sean efectivas (Rageau, 2002). Este desajuste se debería a que

la eficiencia del frío en la ruptura de la dormancia comienza una vez que ésta ha alcanzado su máximo (Arora *et al.*, 2003) lo cual coincide con el 50% de hojas caídas, y que la presencia de hojas reduce en un 60% la eficiencia del frío (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

En nuestras condiciones, el frío invernal se contabiliza a partir del primero de mayo, aunque se presentan importantes variaciones en la fecha de caída de hojas; y a pesar de la falta de ajuste que han mostrado los modelos utilizados, no se han evaluado otros. El presente trabajo plantea como objetivo realizar un estudio comparativo del ajuste de diferentes modelos de cálculo de frío invernal con el comportamiento de los cultivares Red Chief y Granny Smith.

MATERIALES Y METODOS

La cuantificación del frío ocurrido durante el período de endodormancia de los cultivares Red Chief y Granny Smith fue determinado en las temporadas 2005 y 2006 con los modelos Weinberger (1950), Richardson (1974), Shaltout y Unrath (1983), Erez y Couvillon (1987), Linsley-Noakes *et al.*, (1994) y dos estimaciones basadas en el modelo de del Real Laborde (1990). Para ello fueron utilizadas plantas en condiciones de cultivo comercial bajo riego localizado, ubicadas en la zona de Joanicó, Canelones (34° 37' S, 56° 11' W, 40 m sobre el nivel del mar). El manejo sanitario de la plantación se realizó de acuerdo al manejo general de la quinta, excluyendo la aplicación de aceites para el control de *Quadraspidiotus perniciosus* (Piojo de San José), por la influencia que pudiera tener sobre el proceso de endodormancia.

La aplicación de los modelos de cálculo para realizar la cuantificación del frío invernal fue realizada durante el período de acumulación para lo cual se determinaron los momentos de inicio y finalización.

Determinación del período de acumulación de frío

De abril a setiembre de ambos ciclos productivos se colectaron 25 brindillas (crecimientos vegetativos de la última temporada de crecimiento con entrenudos largos y una longitud máxima de aproximadamente 50 cm, que en ocasiones puede presentar diferenciada a flor la yema terminal) de entre 25 y 50 cm de longitud de cada cultivar (Red Chief y Granny Smith) en intervalos de 10 días. Las mismas fueron colocadas en cámara de crecimiento en condiciones de brotación: temperatura, 20 +/- 2°C; fotoperíodo, 16h luz (250 mE m⁻² s⁻¹) y 8h de oscuridad y humedad relativa de 90%. Las brindillas fueron colocadas con la porción basal sobre bandejas conteniendo una altura de 1cm de agua, la cual se sustituyó cada 3 días, retirándose mediante un corte la zona basal de la brindilla.

El período de acumulación de frío se fijó como el tiempo desde que ocurrió el 50% de caída de hojas hasta la fecha de colecta en que se alcanzó una brotación del 50% luego de una permanencia en cámara de 3 semanas, según lo propuesto por Dennis (2003). El 50% de brotación se determinó en la fecha a partir de la cual el intervalo de confianza para el estimador de la proporción ($\alpha = 0.05$) incluye el valor 50 de manera sostenida en sucesivas extracciones, o bien se estabiliza en un valor menor.

Adicionalmente se calculó la tasa de brotación, como 1/(días hasta 25% de brotado de yemas terminales) de acuerdo a la metodología propuesta por Halgryn *et al.* (2001).

Ajuste de modelos de cálculo

Para el ajuste de los modelos de cálculo de frío efectivo se registraron las temperaturas horarias desde abril hasta la brotación, utilizándose dos fuentes de datos. Por una parte datos obtenidos de un sensor HOBO® ubicado a nivel de las plantas, sobre el líder central a una altura aproximada de 1.20m, con frecuencia de registro horario, y por otra, datos provenientes de la estación meteorológica mas

cercana. En 2005 se utilizó la estación meteorológica de INIA Las Brujas, ubicada a 12.9 km del predio y en 2006 la del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, instalada ese año, a 2.8 km del predio.

La cuantificación fue realizada en el período de endodormancia determinado previamente, según los siguientes modelos:

- a. Horas de Frío, (Weinberger, 1950), en donde una hora con temperaturas por debajo de 7.2°C es contabilizada como una Hora de Frío (HF).
- b. Utah, (Richardson *et al.*, 1974) en donde se contabilizan Unidades de Frío (UF), según escala detallada en el Cuadro 2.1.
- c. North Carolina, (Shaltout y Unrath, 1983) en donde se contabilizan unidades de frío (UF), según las escalas detalladas en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Escalas propuestas para los modelos UTAH (Richardson *et al.*, 1974) y Shaltout y Unrath (Shaltout y Unrath, 1983)

UF	Temperatura (°C)	
	UTAH	Shaltout y Unrath
0	< 1.4	-1.1
0.5	1.5-2.4	1.6
1	2.5-9.1	7.2
0.5	9.2-12.4	13.0
0	12.5-15.9	16.5
-0.5	16-18	19
-1	>18	20.7
-1.5		22.1
-2		23.3

d. Utah+, (Linsley-Noakes *et al.*, 1984), en donde se calculan UF con la misma escala que el modelo Utah, pero los valores negativos solo se contabilizan dentro del día, y por tanto el mínimo de UF que pueden ser acumuladas en un día es igual a cero.

e. Modelo dinámico (Erez y Couvillon, 1987), en donde se contabilizan unidades de frío considerando un proceso en dos pasos (el primero reversible, de formación

y destrucción de un precursor térmicamente lábil, y el segundo irreversible, transferencia a una porción de un factor estable) Figura 2.1 y Anexo 2.1



Figura 2.1. Esquema de cálculo de UF según el Modelo Dinámico.

f. Modelo para condiciones subtropicales (Del Real Laborde, 1990), en donde se contabilizan unidades de frío según la matriz detallada en el Cuadro 2.2, fraccionando el período según dos criterios: el primero fracciona en función de la cuantificación realizada por el modelo Utah y el segundo fracciona el período de acumulación en intervalos de tiempo de igual longitud.

Cuadro 2.2. Matriz de cálculo de UF según el modelo para condiciones subtropicales (del Real Laborde *et al.*, 1990)

Temp °C	Fracción de acumulación de unidades de frío									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5	0.0	0.0
2	0.0	0.3	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	0.7	0.5	0.0
4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
6	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7
8	0.5	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.5
10	0.0	0.0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.3	-0.3	0.3
16	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	0.3
18	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-1.0	-1.0	-1.0	-0.7	-0.7	0.5
20	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-1.0	-0.7	0.5
22	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-1.0	-1.0	1.0
24	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-1.0	-1.0	1.0

Los modelos de cálculo de frío invernal ejecutados en los períodos previamente definidos se comparan en función de los siguientes criterios: (a) La constancia de las cuantificaciones realizadas por un modelo en diferentes años para el período de endodormancia de un cultivar determinado; (b) El mantenimiento de las diferencias alcanzadas por las cuantificaciones de un modelo entre cultivares en diferentes años; (c) La relación entre las cuantificaciones realizadas por los modelos y las características de la brotación en campo.

Otro análisis realizado consiste en determinar la variación existente entre las cuantificaciones de los modelos en relación al origen de los datos.

Brotación en campo

En ambos años de estudio se cuantificó la brotación en condiciones de campo, determinándose los momentos de inicio de brotación y 50% de yemas brotadas y el porcentaje final de yemas brotadas. Dicha evaluación fue realizada en una rama por árbol empleándose tres repeticiones de dos árboles, para cada cultivar.

Análisis estadístico

La proporción de yemas brotadas se analizó según el test de razón de verosimilitud, con el modelo lineal generalizado (McCullagh y Nelder, 1989), asumiendo distribución binomial y utilizándose la función logit del procedimiento genmod. Adicionalmente se realizaron estimaciones por intervalo para la proporción de brotación. El nivel de significancia utilizado en las comparaciones y en la construcción del intervalo (α) fue de 0.05. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS© 2008.

Los resultados relativos a períodos de acumulación y valores alcanzados por los diferentes modelos para estos períodos, presentan hasta el momento carácter de preliminares. Si bien la determinación fue realizada en base a variables analizadas como se describe previamente, las características del ensayo hacen necesario un mayor número de años para poder contar con suficientes repeticiones.

RESULTADOS

La evolución del porcentaje de brotación de yemas en cámara, para ambos cultivares (Red Chief y Granny Smith) y años (2005 y 2006), se presenta en la figura 2.2.

Los períodos de acumulación de frío para ambos cultivares y años, comprendidos desde el 50% de caída de hojas, hasta la fecha de extracción de brindillas en que se alcanza el 50% de brotación luego de tres semanas en cámara de crecimiento se muestran en el Cuadro 2.3, observándose una extensión mayor en Red Chief que en Granny Smith.

Cuadro 2.3. Período de endodormancia estimado y cuantificación de unidades de frío estimados con datos provenientes de sensores en campo, según modelo para ambos años y cultivares

Año	Cultivar	Período de endodormancia	UTAH	Horas de frío	Shaltout y Unrath	UTAH+	Modelo dinámico	Modelo para condiciones subtropicales ^{*1}	Modelo para condiciones subtropicales ^{*2}
2005	R. Chief	1 jun – 26 set	468	583	708	730	399	348	444
	G. Smith	7 jun – 5 set	442	501	666	604	337	379	286
2006	R. Chief	29 may – 25 set	343	752	557	560	343	235	244
	G. Smith	10 jun – 25 set	333	664	540	520	324	245	226

^{*1} estimación basada en el modelo para condiciones subtropicales propuesto por del Real Laborde, fraccionando el período de acumulación en función del modelo UTAH

^{*2} estimación basada en el modelo para condiciones subtropicales propuesto por del Real Laborde, fraccionando el período de acumulación en períodos de tiempo de igual longitud

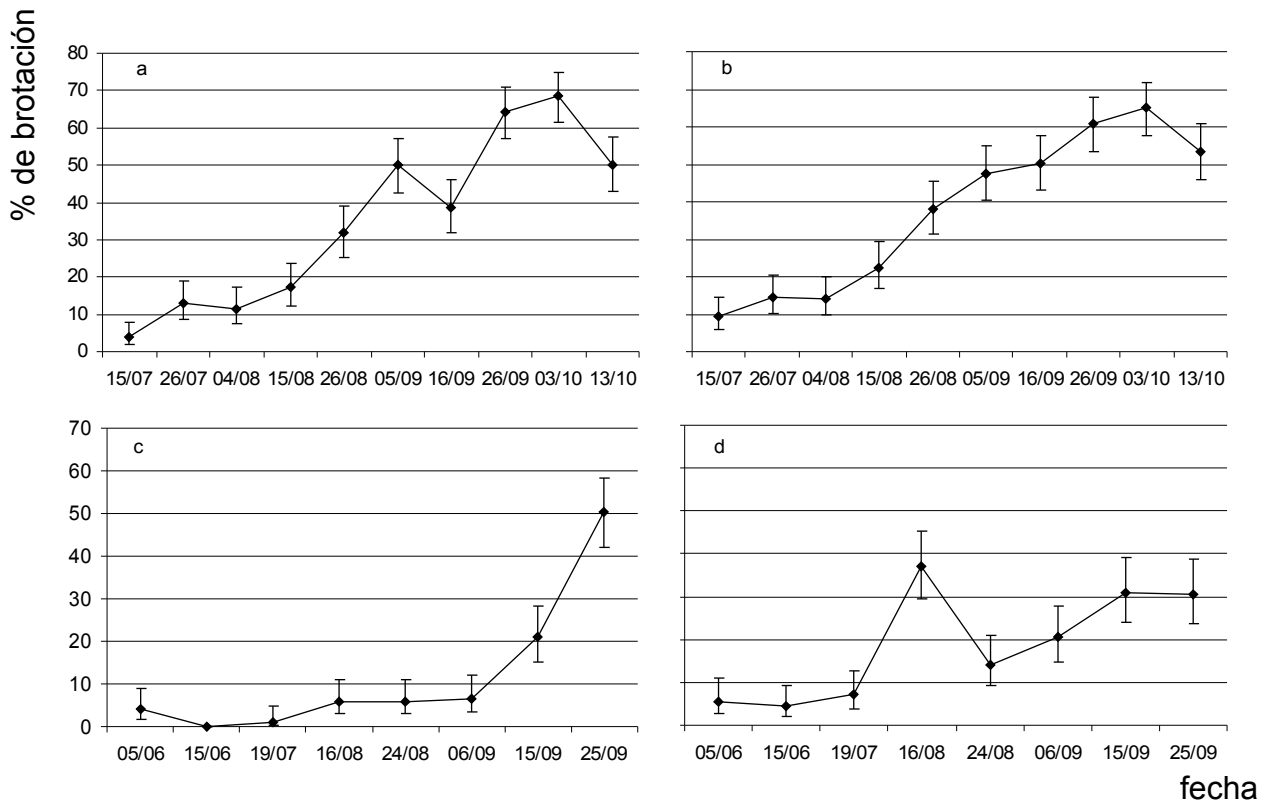


Figura 2.2. Evolución del porcentaje de brotación en cámara de crecimiento para ambos cultivares y años. a) Red Chief, 2005; b) Granny Smith, 2005; c) Red Chief, 2006 y d) Granny Smith, 2006

Las dos metodologías utilizadas para establecer la finalización de la endodormancia presentaron variación en la duración de los períodos definidos. Con el método del 50% los períodos de acumulación muestran diferencias máximas de 27 días y mínimas de 12 días entre cultivares, mientras que para el ciclo 2006, cuando la finalización del período de acumulación fue definida según la tasa de brotación de yemas terminales (Halgryn *et. al.*, 2001) el mínimo de 12 días aumentó a 20 días producto de un período de acumulación menor para el cultivar Granny Smith (datos no presentados). Sin embargo, la frecuencia semanal de evaluación realizada en cámara y/o la frecuencia de extracción de ramas en

campo, no permiten alcanzar la suficiente sensibilidad para establecer el fin de la dormancia según esta metodología.

Las cuantificaciones realizadas en dichos períodos por los diferentes modelos con datos provenientes de los sensores ubicados en el campo se presentan en el cuadro 2.3 y las realizadas con datos provenientes de estación meteorológica se presentan en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Cuantificación del frío ocurrido en el período de endodormancia de cada combinación año-cultivar según los diferentes modelos de cálculo con datos provenientes de estación meteorológica

Año	Cultivar	UTAH	Horas Frío	Shaltout	UTAH+	Modelo dinámico
2005	Red Chief	745	409	1183	1023	532
	Granny Smith	668	311	1038	857	449
2006	Red Chief	911	552	1322	1072	580
	Granny Smith	856	519	1217	987	530

Los resultados de la comparación de los modelos de cálculo de frío invernal en función de la constancia entre años para la evaluación de un cultivar, se muestra en el cuadro 2.5. Los valores representan el porcentaje de aumento o disminución que constituyó la cuantificación del año 2006 en relación con la realizada en el año 2005. Para la mayoría de los modelos, el año 2006 tuvo menor acumulación de frío que el año 2005 a excepción del modelo de Weinberger. Las menores variaciones para ambos cultivares fueron las presentadas por el modelo dinámico, seguido por el modelo Utha+, mientras que las mayores variaciones para ambos cultivares fueron presentadas por las estimaciones basadas en el modelo para condiciones subtropicales. En promedio, estas variaciones constituyeron un 8.9% y 18.6% para los modelos más estables y 33% para los modelos más variables.

Cuadro 2.5. Porcentaje de variación de la cuantificación realizada en el 2006 en relación a la realizada en la temporada 2005.

Cultivar	UTAH	Horas Frío	Shaltout	UTAH+	Modelo dinámico	m. para condiciones subtropicales ¹	m. para condiciones subtropicales ²
Red Chief	-26.7	29.0	-21.3	-23.3	-14.0	-32.5	-45.0
Granny Smith	-24.7	32.5	-18.9	-13.9	-3.9	-35.3	-21.0

Las diferencias de requerimientos de frío estimadas entre cultivares para cada modelo de cálculo mostraron un mayor requerimiento para el cultivar Red Chief en comparación con Granny Smith, a excepción de la primer estimación del modelo para condiciones subtropicales. Sin embargo las cuantificaciones fueron en promedio 14% superiores para Red Chief.

Se compararon las diferencias de requerimientos entre cultivares estimadas por cada modelo para los dos años de estudio, observándose que los modelos que mantuvieron mayor estabilidad fueron Horas de Frío y Utah, 2.7% y Shaltout y Unrath 3%, mientras que el modelo dinámico y el modelo Utah+ alcanzaron un 10% de variación. El modelo más variable resultó la segunda estimación del modelo para condiciones subtropicales con un 30% de diferencia entre años.

En la figura 2.3 se presenta la información referente a la brotación en campo de ambos cultivares y años.

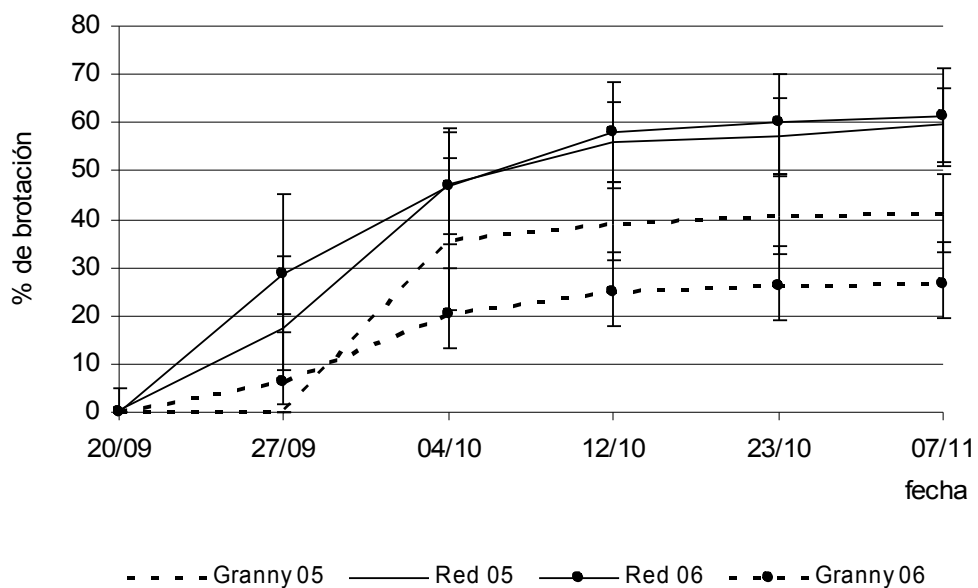


Figura 2.3. Evolución del porcentaje de brotación en campo según año y cultivar.

DISCUSION

Los períodos de acumulación de frío presentados en el cuadro 2.3, concuerdan con lo esperado según los requerimientos de frío mayores que son comúnmente citados para los cultivares del grupo Red Delicious. Estos cultivares son clasificados como de altos requerimientos, mientras que la clasificación asignada a Granny Smith oscila entre medios y medios a altos requerimientos según varios autores (Campbell, 1995; NSW Agriculture, 2005; Frías, 2006).

La brotación forzada de yemas en cámara, alcanzada por las brindillas extraídas en las fechas de caída de hojas (figura 2.2), comprueba la profundidad de la dormancia alcanzada en dicho momento. Si bien no fue posible determinar el inicio del período de acumulación por éste método, dado que no se observa un descenso en el porcentaje de yemas brotadas obtenido en las extracciones tempranas, la reducida brotación existente en las fechas siguientes al 50% de caída de hojas, y el frío acumulado que fue necesario para que comenzara a

observarse brotación, apoya la teoría de que el frío comienza a acumularse en dicho estado fenológico.

Las diferencias de requerimientos de frío estimadas entre cultivares (14%) resultaron menores a lo esperado en función de las citadas en la literatura, ya que según las fuentes consultadas, podríamos esperar valores aproximados de 600 HF para Granny Smith y 900-1000 para los cultivares del grupo delicious, lo cual establece un valor 50% mayor para Red Chief en relación con Granny Smith. Como fue discutido previamente, esta reducida sensibilidad presentada por las cuantificaciones a las diferencias entre cultivares podría estar más asociado a la metodología utilizada para definir el final del período de acumulación que a los modelos en si mismos. Igual consideración realizamos para la interpretación de la estabilidad de estas diferencias, donde, los modelos que muestran mayor estabilidad son aquellos que alcanzan menores diferencias en las cuantificaciones realizadas para los distintos cultivares en un año dado.

Los porcentajes de brotación en campo fueron acordes a los obtenidos por forzadura en cámara de crecimiento (Figuras 2.2 y 2.3), y si bien el cultivar Granny Smith muestra porcentajes significativamente menores de brotación final ($\alpha = 0.05$), la concentración de la brotación es mayor en dicho cultivar, lo que podría considerarse producto del satisfactorio cumplimiento de los requerimientos de frío y muestra el ajuste logrado entre la metodología propuesta de evaluación en cámara y el comportamiento a campo.

Los modelos ejecutados con datos obtenidos de estación meteorológica, evidenciaron importantes diferencias con los obtenidos con sensores de campo. El modelo que presentó menor variación entre los dos orígenes de datos fue el modelo de Horas de Frío. Este hecho puede explicarse porque las diferencias entre las temperaturas horarias registradas por un método y otro, se encuentran mayoritariamente en los valores extremos, intervalos en los que este modelo no presenta límites de acumulación. Sin embargo para los modelos que plantean desacumulación de frío después de determinada temperatura o no acumulación en determinados rangos, se presentaron diferencias importantes. Dentro de este grupo de modelos el de Utah fue el más variable. En el 2006 la cuantificación

realizada con datos de estación fue un 261% de la cuantificación obtenida con los datos de campo. Esta relación para el modelo dinámico alcanza al 161% en el 2006 y 133% en el 2005. El uso de uno u otro origen de datos plantea la discusión entre la utilización de un registro de temperatura, que por estar en condiciones más similares a las que se encuentra la yema pueda mostrar un valor más cercano a la real temperatura a la que está expuesta dicha estructura, en contraposición con la utilización de un registro estandarizado. La decisión de utilizar uno u otro registro debería estar asociada al objetivo planteado; por tanto, para cuantificar la acumulación de frío en una parcela probablemente serán más eficientes los registros provenientes de esta, mientras que de los registros obtenidos de casilla meteorológica puedan obtenerse resultados útiles para la regionalización de áreas mayores. Por otra parte debe destacarse que para la formulación de los modelos han sido utilizadas cámaras de crecimiento en donde es registrada la temperatura del aire en el cual se mantiene la yema, condición que se ve modificada al trasladar los modelos a las condiciones de campo y registros de casilla.

Los modelos de cuantificación de frío evaluados muestran diferentes grados de ajuste en función de los criterios utilizados. Si bien el modelo dinámico se muestra como el más promisorio, del análisis realizado no surge un modelo que resulte el más adecuado en función de todos los criterios de comparación.

Esta falta de ajuste de los modelos podría estar influenciada por un lado, por la metodología empleada para la determinación de los períodos de acumulación, y por otro por las diferencias existentes entre la temperatura a la que está expuesta la yema y la utilizada en las cuantificaciones. Por tanto, para contribuir a determinar una forma de cálculo del frío efectivo que ajuste adecuadamente en nuestras condiciones de cultivo, se proponen dos modificaciones a la metodología empleada en este estudio. En primer lugar determinar si la tasa de brotación de yemas terminales no resulta una metodología más adecuada para determinar el fin de la endodormancia que el 50% de brotación, a pesar de que esta última es la forma más ampliamente difundida. En segundo lugar ajustar los datos de

temperatura empleados en las cuantificaciones a la temperatura a la que está expuesta la yema, incorporando otros elementos del clima que junto a la temperatura del aire, puedan contribuir a representar lo que podría definirse como la “sensación térmica de la yema”. Estos elementos podrían consistir en radiación incidente o nubosidad, humedad relativa, velocidad del viento y precipitaciones. Todas estas variables afectan a la temperatura de la yema y presentan una gran variabilidad en nuestro clima, por lo que entendemos que podrían contribuir a ajustar el dato de temperatura utilizado en los modelos de cálculo y mejorar así el ajuste de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

Arora R., Rowland L.J. and Tanino K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience*, 38(5) : 911-921.

Botelho R. V. and Müller M. M. L. 2007. Evaluation of garlic extract on bud dormancy release of ‘Royal Gala’ apple trees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47: 738–741.

Campbell J. 1995. Winter Chill! - Apples and Pears for Warmer Districts. The Sixth Conference of the Australasian Council on Tree and Nut Crops Inc. Lismore, NSW, Australia.

Cook N. and Jacobs, G. 2000. Progression of apple (*Malus x domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. *J. Hort. Sci. & Biotech.*, 75(2): 233-236.

Del Real Laborde J., Anderson J. and Seeley S. 1990. An Apple Tree Dormancy Model for Subtropical Conditions. *Acta Horticulturae* 276:183-191.

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.

Dennis Jr. F. 1994. Dormancy-what we know (and don't know). HortScience, 29(11):1249-1255.

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. and Couvillon, G.A. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112(4):677-680.

Erez A., Fishman S., Linsley-Noakes G. and Allan P. 1990. The dynamic model for rest completion in peach buds. Acta Hort. 276:165-174.

Erez A. 2000. Bud Dormancy: a Suggestion for the Control Mechanism and its Evolution. In Dormancy in plants. CABI Publishing: 23-33.

Fennell A. 1999. Systems and Approaches to Studying Dormancy. HortScience, Vol.34(7):1171-1173.

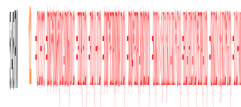
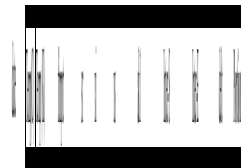
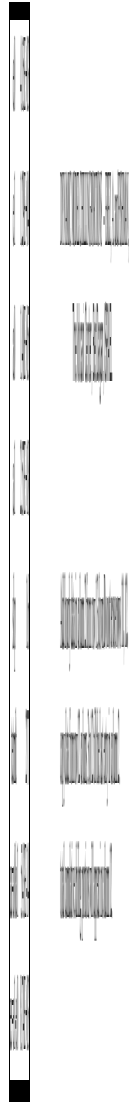
Frías M. 2006. Requerimiento de frío en frutales. Pomáceas. Boletín técnico 6(4) 3p.

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

- Linsley-Noakes G.C., Allan P. and Matthee G.W. ;1994. Modification of rest completion models for improved accuracy in South African stone fruit. J. S. Afr. Soc. Hort. Sci., 4(1), 13-15.
- Lorenzo M., Martínez N. y Vidart M. 2003. Estudio de la diferenciación floral y el requerimiento de frío invernal en cuatro cultivares de duraznero (*Prunus persica*(L.)Batsch). Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UDELAR, 115p.
- Peereboom Voller, C.F. y Yuri J.A. 2004. Receso y calidad de fruta. Boletín técnico, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Boletín Técnico, Volumen 4, Número 3.
- McCullagh P. and Nelder J.A. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall. Londres. 511 p.
- MGAP-DIEA, Encuesta Frutícola. 2006. 29 p
- NSW Agriculture. 2005. Series: Agfact, H4.1.12 Edition: Second
- Rageau R. 2002. Novos conceitos em dormencia de fruteiras de clima temperado. Anales Congreso Brasileiro de Fruticultura:185-201.
- 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.
- SAS/STAT(R) 1997. Software: Changes and enhancements through release 6,12, Cary, NC:SAS Institute Inc. 1167 p.

- 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. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 108(6):898-901.
- Sozzi G., Gariglio N. y Figueroa M. 2007. Dormición en árboles frutales de hoja caduca. En: Árboles frutales, ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. pp:83-103. Ed. Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.
- Talice R., Contarín S. y 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. Proc. Amer. Soc. of Hort. Sci., 56:122-128
- Welling A., Rinne P., Viherä-Aarnio A., Kontunen-Soppela S., Heino P. and Palva E. 2004. Photoperiod and temperature differentially regulate the expression of two dehydrin genes during overwintering of Inc. (*Betula pubescens* Ehrh.). Journal of Experimental Botany. Vol 55 (396):507-516.

Anexo 2.1



CAPITULO 3:

COMPENSACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE FRÍO INSATISFECHOS DE MANZANOS EN CONDICIONES DEL SUR DEL URUGUAY.

Severino Vivian.

Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Garzón 780.

Montevideo, Uruguay.

Palabras clave: aceite mineral, cianamida hidrogenada, endodormancia, *Malus domestica*, Unidades de Frío.

INTRODUCCIÓN

Los efectos de la falta de acumulación de frío invernal para el levantamiento de la endodormancia sobre la producción de diferentes especies frutales están ampliamente reportados (Arora *et al.*, 2003; Fennell, 1999; McPherson *et al.*, 1997). Erez (1987) detalla tres niveles de sintomatología asociados a dicha deficiencia: i) pocas yemas brotadas, poco desarrollo del follaje, floración espaciada, y frecuentemente flores anormales; ii) retraso en la foliación y floración; iii) poco cuajado de fruta y temprano cese del crecimiento.

Dado que los cultivos frutales permanecen muchos años en producción y que la influencia de las condiciones de producción de un año se manifiestan durante algunos ciclos productivos, la importancia de superar correctamente esta etapa es fundamental. Los cultivares del Grupo Delicious, que constituyen la mayor superficie plantada en la zona sur del Uruguay (35° S) y aquellos que tienen las mayores áreas plantadas en los últimos años (grupo Gala y grupo Fuji) (MGAP, 2006) no siempre satisfacen sus requerimientos.

A pesar del acuerdo existente en que la transición por la endodormancia es dependiente de las bajas temperaturas y afectada negativamente por las altas temperaturas (Labuschagné *et al.*, 2003) el requerimiento de frío invernal para

salir de este estado es considerado como uno de los procesos mas desconocidos de la ecofisiología de los frutales.

El rompimiento de la dormancia se encuentra relacionado a diferentes compuestos entre los cuales pueden destacarse: ácido abcísico (ABA), putrescina, etileno, ácido 1-aminociclopropano -1-carbónico (ACC), todos ellos relacionados a metabolismos en respuesta al estres (Faust, 1989). Estos compuestos son afectados por los productos utilizados como compensadores de frío, algunos de los cuales se encuentran actualmente prohibidos por su efecto sobre el ambiente o la salud humana (ej. DNOC) y otros como la thiourea han presentado problemas de fitotoxicidad (Erez y Couvillon, 1987). Los aceites minerales, la cianamida cálcica o cianamida hidrogenada y reguladores de crecimiento como giberelinas y citoquininas también son reportados como capaces de romper la dormancia (Erez y Couvillon, 1987). Los reguladores de crecimiento presentan limitantes de costos en su utilización, y existe un cuestionamiento a la cianamida hidrogenada con relación a los daños sobre la salud humana (Settimi *et al.*, 2005) que ha estimulado la búsqueda de nuevos productos (Botelho y Müller, 2007). A pesar de ello, los aceites minerales y la cianamida hidrogenada, solos o en combinación, son los que actualmente se muestran mas adecuados.

El efecto de los productos compensadores sobre el desarrollo de la brotación depende del grado de avance del proceso de endodormancia en el que se encuentra el vegetal, pudiendo presentarse desde ausencia de efecto hasta efectos fitotóxicos. En el extremo de la ausencia total de frío no existe producto químico capaz de quebrar la dormancia de las yemas, incluso en aquellos cultivares con bajos requerimientos (Erez, 1987). Las aplicaciones tardías o las altas concentraciones pueden incrementar el riesgo de fitotoxicidad (Gemma, 1995). Dada esta dependencia del estado de endodormancia, la predicción del avance del proceso en función de la cuantificación del frío ocurrido es un insumo fundamental para ajustar la técnica de aplicación de productos químicos con efecto compensador.

Los antecedentes de investigación nacional al respecto son escasos y fueron conducidos en la década de 1970 bajo condiciones de cultivo algo distintas a las

actuales, menores exigencias de calidad de fruta, diferente distribución varietal, diferencias en la relación de costos, baja superficie de cultivos regados, diferente disponibilidad de productos, etc. Los resultados de estos ensayos marcaron que la aplicación de aceite Dormant (típico aceite de invierno de la época, no utilizado actualmente) entre finales de julio y principio de agosto, a la dosis del 4% permitió lograr una adecuada uniformidad en la floración así como también un adelanto de una semana en la brotación (Carbonell *et al.*, 1977), en tanto que la dosis del 8% logró adelantar la brotación en dos semanas (Formento, com pers.)

Los efectos del frío sobre las yemas de los frutales en el período de endodormición están relacionados a mecanismos de estrés que pueden ser aumentados o profundizados por aplicaciones de compuestos químicos. La eficiencia de aplicación de los compensadores, evaluada en las características de la brotación y su efecto sobre las características de la fruta en cosecha, varía en función a la satisfacción de los requerimientos de frío alcanzados al momento de la aplicación.

El presente trabajo propone contribuir a la toma de decisiones en relación con las aplicaciones de compensadores de frío en las condiciones de cultivo del sur del Uruguay, mediante el análisis de la respuesta de dos cultivares de manzano a diferentes combinaciones de producto y momentos de aplicación.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue conducido durante las temporadas 2005-2006 y 2006-2007 en un cuadro en producción de manzanos del cultivar Red Chief, con Granny Smith como polinizadora, ubicado en la localidad de Joanicó, Canelones (34° 37' S, 56° 11' W, 40 m sobre el nivel del mar).

El diseño correspondió a bloques completos al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, y unidades experimentales de dos árboles.

El experimento correspondió a un diseño factorial de dos factores: producto y momento. Para ambos cultivares los productos aplicados fueron, aceite mineral

parafínico (Frutelf I) al 3%, aceite mineral parafínico refinado (Elf P-C Spray oil 15 E) al 2% y cianamida hidrogenada, (Dormex®, H₂CN₂) al 1.25%. En el cultivar Red Chief se adicionó un tratamiento que combina cianamida hidrogenada al 0.75% + aceite mineral parafínico al 2%. Las aplicaciones fueron realizadas a punto de goteo con un gasto aproximado de 700 l/ha y los momentos de aplicación se determinaron en función del progreso del estado de endormancia cuantificado según el modelo Utah (Richardson *et al*, 1974) con datos provenientes de estación meteorológica y la fecha de brotación estimada. El primer momento de aplicación fue realizado una vez alcanzadas 250 UF, correspondiendo a la primer quincena de agosto en ambos ciclos productivos. La segunda y tercer aplicación fueron realizadas la primer y tercer decena de setiembre respectivamente. Las unidades de frío contabilizadas para dichas aplicaciones fueron: 395 y 347 para la segunda aplicación de los años 2005 y 2006 respectivamente; y 525 y 368 para las aplicaciones realizadas en iguales años en la tercer fecha.

La brotación fue evaluada a intervalos semanales sobre una rama por árbol desde mediados de setiembre (fecha en la que comenzaron a registrarse yemas brotadas) hasta que se alcanzó la brotación final, resultando un período de seis semanas. En dicha evaluación se determinó el porcentaje de brotación, registrándose para cada yema, la ubicación (lateral o apical) y el estado de brotación según la escala detallada en la figura 3.1. Previo a la realización de la poda de verano se registró el largo de brotes y el diámetro ecuatorial de fruto en 15 frutos por árbol. La cosecha se realizó según el criterio comercial de la quinta, determinándose el estado de madurez en una muestra de 15 frutos por árbol a los que se les evaluó firmeza de pulpa en tres puntos de la zona ecuatorial, contenido de sólidos solubles e índice de almidón mediante la utilización de los siguientes instrumentos y escalas: penetrómetro Mc Cormick puntero 11mm, refractómetro Atago ATC-1E y escala de yodo (CTIFL, 2002)

El análisis estadístico varió en función del tipo de variable analizada. Los porcentajes de brotación se evaluaron según el test de razón de verosimilitud, con el modelo lineal generalizado (McCullagh y Nelder, 1989), asumiendo distribución

binomial y utilizándose la función logit del procedimiento genmod. El porcentaje de brotación fue determinado para cada condición (cultivar, tratamiento, fecha de evaluación) por medio de la construcción de un intervalo de confianza con $\alpha=0.05$. La fecha de inicio de brotación se determinó cuando el intervalo estimado para el porcentaje alcanza el valor 50. Las variables continuas (largo de brote, presión de pulpa y sólidos solubles) fueron analizadas mediante un modelo lineal mixto, asumiendo distribución normal, considerando los bloques como aleatorios y varianzas homogéneas dentro de tratamiento. La diferencia de medias se analizó mediante el test de Tukey.

En función del carácter ordinal de las variables índice de almidón y el estado de brotación, las mismas se analizaron mediante un análisis ponderado de mínimos cuadrados mediante el procedimiento catmod, utilizando como función de respuesta los niveles de respuesta de la variable.

El nivel de significancia (α) utilizado en las comparaciones fue 0.05 para todas las variables.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS© 2008.

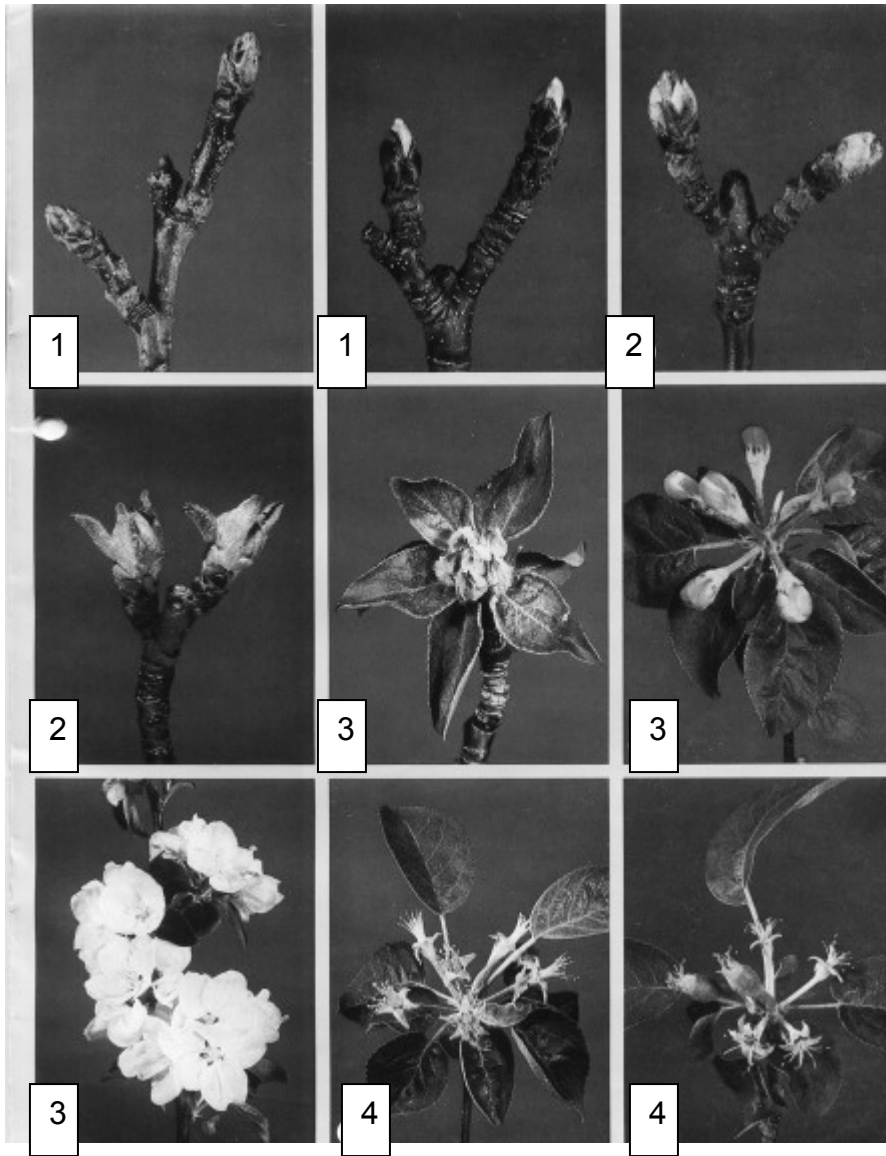


Figura 3.1. Escala de desarrollo de estructuras reproductivas (Adaptado de:
Chapman P. and Catlin A. Growth Stages in Fruit Trees-From Dormant to
Fruit Set. Plant Sciences Entomology (Geneva):11)

RESULTADOS

En las figuras 3.2 y 3.3 se presenta el efecto principal momento de aplicación sobre los porcentajes de brotación según fecha de evaluación, correspondientes al cultivar Red Chief en las temporadas 2005 y 2006 respectivamente, y en las figuras 3.4 y 3.5 se presenta la información correspondiente al cultivar Granny Smith. Los porcentajes de brotación según tratamiento y fecha de evaluación se presentan en los anexos 3.1 a 3.4 para las condiciones Red Chief 05, Red Chief 06, Granny Smith 05 y Granny Smith 06 respectivamente. En el cultivar Red Chief, la brotación de los tratamientos aplicados en los momentos 1 y 2 en ambos ciclos (a excepción de aceite 1 en el ciclo 06, parafina² y combinado² en el ciclo 05) mostraron adelantos de una semana con respecto a los restantes tratamientos (incluido el testigo) que alcanzaron estimaciones del 50% de brotación el 4 de octubre (Anexos 3.1 y 3.2). Estos resultados muestran en el análisis por efecto principal momento de aplicación adelantos significativos en relación al testigo para el momento 1 en ambos ciclos y para el momento 2 del ciclo 2006 (Figuras 3.2 y 3.3). El cultivar Granny Smith mostró un comportamiento diferente al presentado por Red Chief, inclusive con notorias variaciones entre años. En el ciclo 05, Granny Smith presentó una fuerte homogeneidad de brotación, en la fecha 4 de octubre todos los tratamientos a excepción de dormex³ alcanzaron el valor 50% en las estimaciones y el efecto de adelantamiento solo fue presentado por el tratamiento aceite 1 (Anexo 3.3). En la temporada 06 el testigo nunca alcanza el 50% en las estimaciones presentando valores de brotación máxima de 26%. Se determinan entonces dos grados de adelantamiento, aquellos tratamientos que alcanzan estimaciones del 50% en la fecha 28 de setiembre (dormex 1 y 2) y aquellos con adelantamiento moderado, 50% de brotación el 4 de octubre, integrado por los tratamientos aplicados en el tercer momento. Cuando el análisis es realizado en relación al testigo, es de destacar que en la fecha 4 de octubre todos los tratamientos a excepción del aceite 1 muestran brotaciones mayores al testigo, diferencia que se mantiene hasta el fin de la brotación (Anexo 3.4). En las situaciones Granny Smith/05, Red Chief/05 y Red Chief/06 las diferencias de

brotación final con respecto al testigo se presentan de manera consistente solo para las aplicaciones que contienen cianamida hidrogenada y que fueron realizadas en el tercer momento (Anexos 3.1 a 3.3).

Las diferencias entre años mostradas en el análisis por efecto principal momento de aplicación sobre el porcentaje de brotación en Granny Smith se muestran en la figuras 3.4 y 3.5, en donde se observa una diferencia tanto en el comportamiento del tratamiento testigo como en los momentos de aplicación de productos. En el ciclo 2005, el testigo muestra un comportamiento similar al presentado por el cultivar Red Chief, lo cual puede observarse también en el análisis del efecto principal momento de aplicación. El ciclo 2006 presentó para el cultivar Granny Smith un comportamiento diferente a las restantes situaciones (Granny Smith/05, Red Chief/05 y 06) tanto en relación al tratamiento testigo, que no supera el 50% de brotación en ninguna fecha de evaluación, como al efecto principal momento de aplicación, para el cual no se presentan diferencias hasta la evaluación del 24 de octubre, a partir de la cual el momento 3 presenta porcentajes de brotación mayores que los restantes momentos y que el tratamiento testigo.

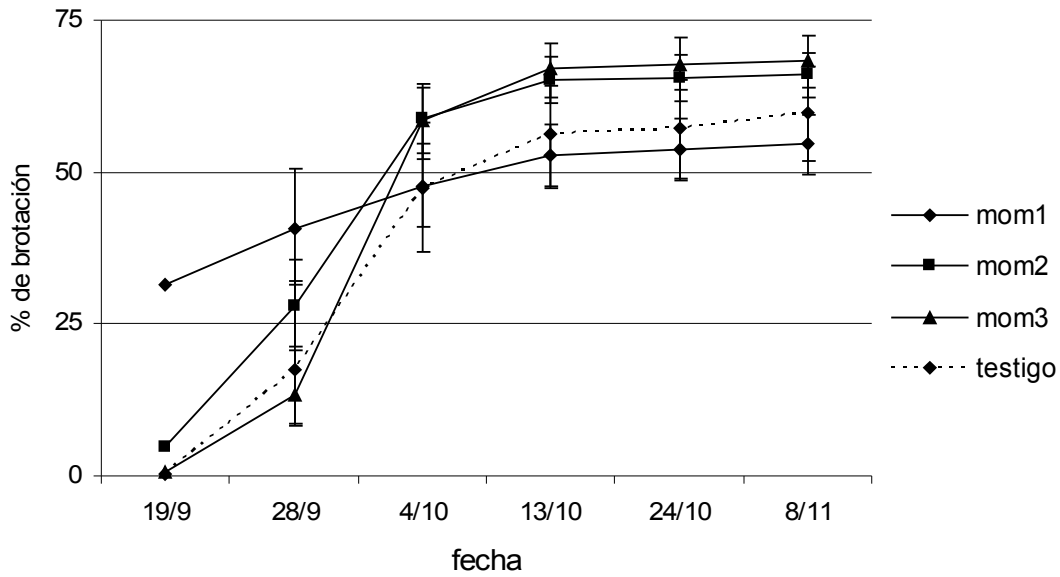


Figura 3.2. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Red Chief, temporada 2005

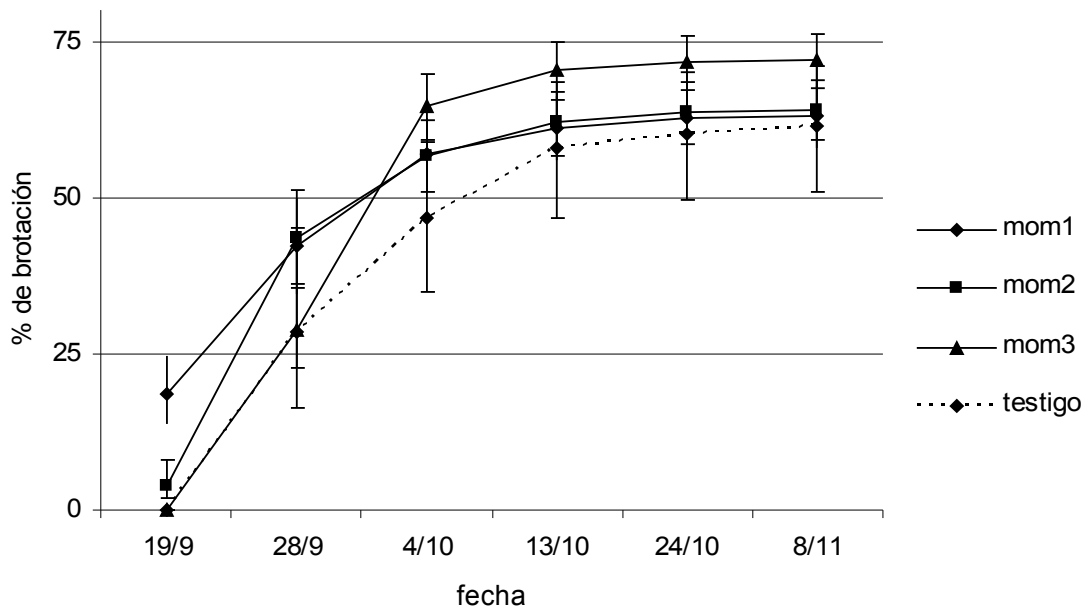


Figura 3.3. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Red Chief, temporada 2006

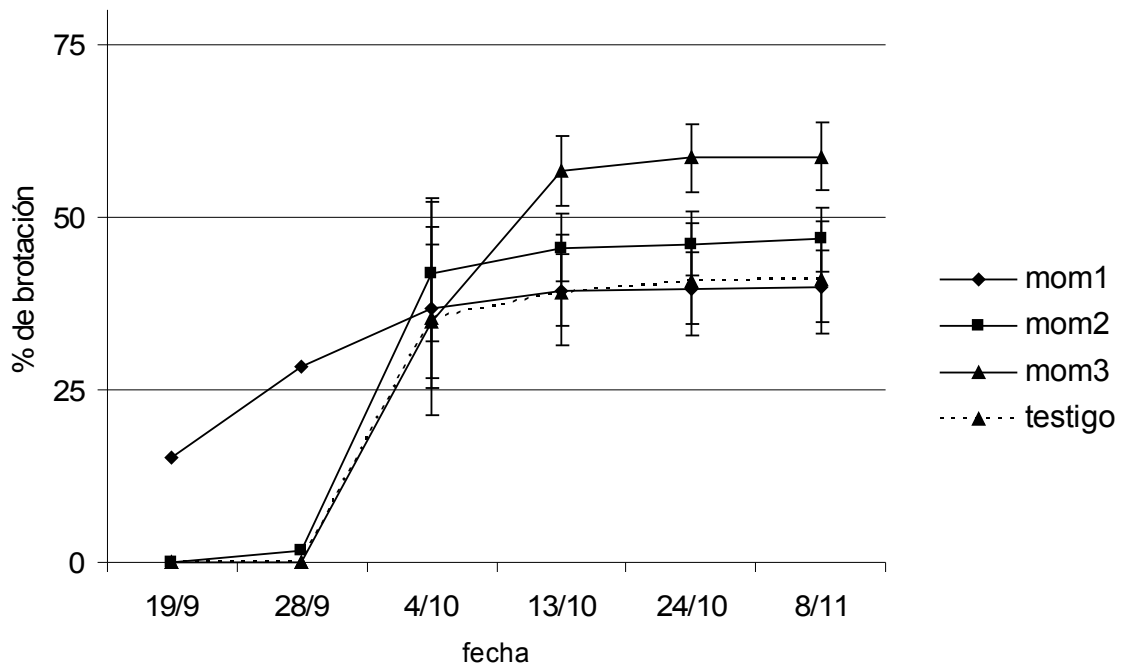


Figura 3.4 Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Granny Smith, temporada 2005

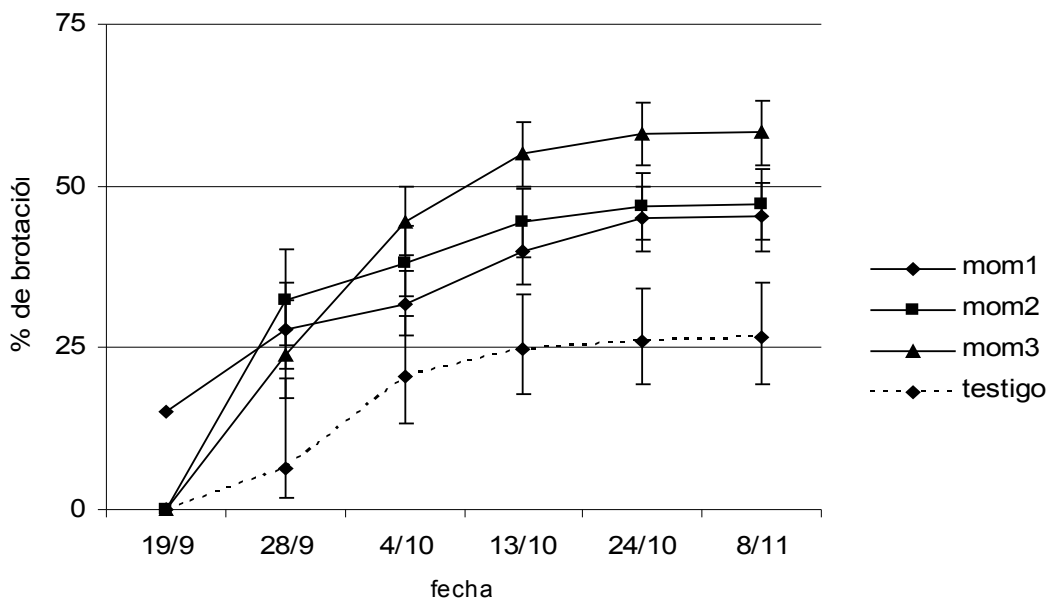


Figura 3.5 Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Granny Smith, temporada 2006

El análisis de efectos principales e interacción entre factores sobre el porcentaje de brotación para ambos cultivares y ciclos se presenta en el cuadro 3.1. En él se muestran las significancias correspondientes a las fechas de inicio de brotación (28/9), fin de brotación (8/11) y fecha en la que la mayoría de los tratamientos alcanzan el 50% de brotación (13/10).

En el cuadro 3.2 se presenta el porcentaje final de brotación alcanzado por cada cultivar en función del momento de aplicación.

Cuadro 3.1 Significancia de efectos principales de los factores (producto, momento) e interacción sobre el porcentaje de brotación según cultivar y año

Cultivar	Efecto	28/9	13/10	08/11
R. Chief 05	producto	ns	0,0185	ns
	momento	<0,0001	0,0320	<0,0001
	prod*mom	ns	ns	ns
R. Chief 06	producto	ns	ns	ns
	momento	0,0141	0,0263	0,0255
	prod*mom	ns	ns	ns
Granny 05	producto	ns	0,0288	0,0079
	momento	<0,0001	0,0008	<0,0001
	prod*mom	ns	ns	ns
Granny 06	producto	0,0100	ns	ns
	momento	ns	0,0019	0,0050
	prod*mom	ns	ns	ns

ns = no significativo al 0,05

Cuadro 3.2 Porcentaje final de brotación según cultivar, año y momento de aplicación

Momento	Red Chief '05	Red Chief '06	G. Smith '05	G. Smith '06
3	68.2 a	71.8 a	58.7 a	58.2 a
2	65.9 a	63.9 b	46.8 b	47.1 b
1	54.5 b	62.9 b	40.0 b	45.2 b

Conjuntamente con el aumento del porcentaje de yemas brotadas en la fecha 28 de setiembre producido por las aplicaciones en los primeros momentos, puede observarse en estas estructuras un mayor grado de desarrollo. Para todas las condiciones cultivar año, las aplicaciones del momento 1 presentan mayores avances en la brotación para esta fecha (cuadro 3.3). El momento 2, si bien no es siempre diferente del momento 3, alcanza en todas las condiciones un desarrollo mayor que el tratamiento testigo. Las diferencias en el desarrollo disminuyen en la medida en que avanza la estación y la brotación se ve determinada.

Los resultados de ubicación de la yema brotada en la brindilla en función del momento de aplicación de los productos, se presenta en el cuadro 3.4, en donde, la posición 1 corresponde a las 1^a, 2^a, y 3^a yema debajo de la apical y la posición 2 corresponde a la 4^a, 5^a y 6^a yema por debajo de la apical.

Cuadros 3.3 y 3.4.

Cuadro 3.3 Estado de desarrollo de estructuras (escala detallada en la figura 1)
según cultivar, año y momento de aplicación

		28/9	13/10	8/11
Granny smith 05	momento1		3,1 a	3,9 a
	momento2		2,8 b	4,0 a
	momento3		2,4 d	4,0 a
	testigo		2,5 c	3,9 a
Granny smith 06	momento1	2,1 a	2,8 a	3,7 b
	momento2	1,6 b	2,7 a	3,9 a
	momento3	1,6 b	2,3 b	3,9 a
	testigo	1,1 c	2,2 b	3,8 ab
Red chief	momento1	2,2 a	3,2 a	3,9 b
	momento2	1,5 b	2,8 b	3,9 ab
	momento3	1,4 c	2,6 c	3,9 a
05	testigo	1,5 c	2,6 c	3,8 c
Red chief	momento1	2,2 a	3,2 a	3,9 b
	momento2	1,9 b	3,2 a	3,9 b
	momento3	1,7 c	3,0 b	4,0 a
06	testigo	1,5 d	2,7 c	4,0 ab

Cuadro 3.4 Porcentaje de brotación según la ubicación de la yema en la brindilla y momento de aplicación de productos para cada condición cultivar-año

Momento	Posición	G. Smith '05		R. Chief '05		G. Smith '06		R. Chief '06	
1	apical	100,0	a	96,8	a	94,7	a	97,1	a
2	apical	100,0	a	96,8	a	93,3	a	97,7	a
3	apical	100,0	a	98,2	a	100,0	a	98,0	a
3	1 ^{*1}	62,0	bc	68,5	b	44,0	bc	64,6	b
2	1	48,5	d	66,1	b	24,4	c	41,9	d
1	1	43,1	d	41,9	c	43,9	bc	48,5	cd
3	2 ^{*2}	68,5	b	68,5	b	53,8	b	66,4	b
2	2	53,8	cd	71,6	b	25,7	c	36,3	d
1	2	53,7	cd	51,2	c	39,4	bc	56,8	bc

*¹ Primera, segunda y tercer yema debajo de la apical

*² Cuarta, quinta y sexta yema debajo de la apical

Los resultados de largo de brotes y tamaño de fruto (evaluado en diciembre-enero) no presentaron diferencias entre tratamientos (datos no mostrados). Las variables relacionadas a la madurez de fruto en cosecha mostraron comportamientos distintos para ambos cultivares. Para el cultivar de mayor período de crecimiento (Granny Smith) los tratamientos aplicados no modificaron significativamente el estado de madurez de los frutos en el momento de la cosecha, en tanto para Red Chief se alcanzaron diferencias estadísticas en estas variables (cuadros 3.5 y 3.6).

Cuadros 3.5 y 3.6.

Cuadro 3.5 Indicadores de madurez según tratamiento en el cultivar Granny Smith

	Momento	Sólidos solubles (°Brix)	Presión de pulpa (Kg)
Producto			
Aceite	1	12.0	7.9
Aceite	2	12.4	8.3
Aceite	3	12.5	8.1
Dormex	1	12.9	7.9
Dormex	2	12.6	8.2
Dormex	3	12.6	8.0
Paraf	1	12.1	7.6
Paraf	2	12.2	7.8
Paraf	3	12.0	7.8
Testigo		12.0	8.0
significancia	$\alpha=0.05$	ns	ns

Cuadro 3.6 Contenido de sólidos solubles (° Brix) y presión de pulpa (kg/cm²) según tratamiento en el cultivar Red Chief

Producto	sólidos solubles		presión de pulpa	
	Momento	(°Brix)		(Kg)
Dormex	1	13.5	a	7.50 abcde
Dormex+aceite	1	13.4	ab	7.53 abcde
Aceite	1	12.6	bc	7.59 abc
Aceite	3	12.2	cd	7.28 e
Dormex+aceite	3	12.2	cd	7.56 abad
Dormex	3	12.1	cd	7.62 ab
Aceite	2	12.1	cd	7.37 cde
Dormex	2	12.0	cd	7.74 a
Dormex+aceite	2	12.0	cd	7.38 bcde
Parafina	3	11.9	d	7.43 abcde
Testigo		11.9	d	7.37 cde
Parafina	1	11.9	d	7.35 de
Parafina	2	11.8	d	7.39 bcde

DISCUSIÓN

Del análisis factorial realizado puede observarse la alta significancia presentada por el factor momento de aplicación sobre el porcentaje de brotación en todas las fechas de evaluación y la falta de significancia del efecto de la interacción entre los factores (cuadro 3.1). Estos resultados confirman lo reportado por diferentes autores (Díaz *et al.*, 1987; Arora *et al.*, 2003; Subhadrabandhu, 1995; Finetto 1997) con relación a las diferencias en el efecto de los tratamientos compensadores de frío en función del momento de aplicación y permiten analizar la evolución de la brotación y sus porcentajes finales en función del momento de aplicación. Las aplicaciones realizadas en las primeras fechas determinaron un significativo adelanto de la brotación como puede observarse en las figuras 3.2 a 3.5 y los anexos 3.1 a 3.4. La diferencia de comportamiento presentada por el cultivar Granny Smith podría estar relacionada con el bajo porcentaje final de brotación que obtuvo el testigo. Este adelantamiento en la brotación se ve acompañado de una variación en la ubicación de las yemas brotadas en la rama (cuadro 3.4) y una modificación en el grado de desarrollo de las estructuras

(cuadro 3.3). Como puede observarse en el cuadro 3.4, los porcentajes de yemas laterales brotadas se ven disminuidos en la mayoría de las situaciones para los tratamientos aplicados en primer y segunda fecha en relación con los aplicados en la tercer fecha, lo que podría estar relacionado con un aumento en la dominancia apical de acuerdo a lo planteado por Mahhou *et al.* (2003) y Cook (2007).

La mayor brotación de yemas laterales presentada por los tratamientos aplicados en la última fecha determina un mayor porcentaje de brotación final, efecto que se vuelve más destacado en aquellos tratamientos que incluyen cianamida hidrogenada (ver anexos 3.1 a 3.4). Esta respuesta, que incluye mayores porcentajes de brotación y menores tiempos entre el inicio y finalización de la brotación, es citada por Saure (1985) como efecto normalizador de las aplicaciones realizadas con un mayor requerimiento de frío ya cubierto.

Los efectos sobre la dominancia apical y la anticipación en la fecha de brotación no mostraron modificaciones del largo promedio de brote, hecho que puede estar relacionado en mayor medida a la metodología de evaluación que a una falta real de efecto, dado que el número de brindillas muestreado resultó muy variable entre las unidades experimentales.

Los indicadores de madurez no presentan diferencias significativas en el cultivar Granny Smith y las diferencias detectadas en el cultivar Red Chief no muestran una tendencia clara desde el punto de vista agronómico (cuadros 3.5 y 3.6). El largo período de crecimiento de fruto de estos cultivares, reduce el efecto que tienen las modificaciones en la brotación sobre la madurez de fruto, comportamiento que también fue reportado por Manzi (2007) para el cultivar Fuji. Otros elementos que podrían contribuir a la respuesta observada en los indicadores de madurez son: la falta de respuesta a los tratamientos del crecimiento vegetativo y los primeros estados de desarrollo del fruto, y el hecho de que los restantes manejos de la plantación fueron realizados en igual fecha para todos los tratamientos.

En cultivares de menor período de crecimiento de fruto, como Royal Gala, Manzi (2007), obtiene adelantos de fecha de cosecha superiores a los 13 días, fundamentalmente en las aplicaciones tempranas de cianamida hidrogenada, y

similares resultados son citados en otras regiones por Petri y Stuker (1995), Hasseb y Elezaby (1995), Mahhou *et al.* (2003) y Mizobutsi *et al.* (2003).

De forma general los resultados de este ensayo muestran que el efecto de los compensadores de frío en los cultivares Red Chief y Granny Smith en las condiciones del sur del Uruguay se relacionó más al momento de aplicación que a las características del producto aplicado, determinando modificaciones en el momento y la magnitud de la brotación. La falta de ajuste del modelo Utah (Richardson *et al.* 1974) y la simultaneidad de este ensayo con la puesta a punto de otros modelos de cálculo, no permite realizar apreciaciones acerca del estado de endodormancia en el que fueron realizadas las aplicaciones. Puede destacarse que las aplicaciones tempranas determinaron un adelantamiento de la brotación y no su aumento, lo que podría estar relacionado a la mayor dominancia apical presentada; mientras que las aplicaciones tardías, y fundamentalmente aquellas que incluyeron en su formulación a la cianamida hidrogenada, presentaron aumentos en los porcentajes de brotación final y un período de brotación más concentrado, con respecto al testigo y a las aplicaciones tempranas, en ambos años y cultivares.

BIBLIOGRAFIA

Arora R., Rowland L.J. and Tanino K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience*, 38(5) : 911-921.

Botelho R.V. and Müller, M.M.L. 2007. Evaluation of garlic extract on bud dormancy release of 'Royal Gala' apple trees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47:738–741.

Carbonell J. et al. 1977. Guía de control sanitario y de tratamientos especiales en frutales. Uruguay. MAP. CIAAB. 31 pp.

Cook N.C. 2007. Apple Production under Conditions of Sub-Optimal Winter Chilling in South Africa. VIII International Symposium of Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics. Program and abstracts:20.

CTIFL (Centre technique interprofessionnelles des fruits et legumes). 2002. Pomme. Code amidon. (en linea). Paris. Consultado en:

http://fruitsens.com/downloads/code_amidon.pdf 7/7/2008

Díaz D.H., Alvarez A. and Sandoval. J. 1987. Cultural and chemical practices to induce uniform bud break of peach and apple under warm climates in Mexico. Acta Hortic., 199: 129-133.

Erez A. 1987. Chemical Control of Budbreak. HortScience, 22(6):1240-1243.

Erez A. and Couvillon G.A. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112(4):677-680.

Faust M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley and Sons. N. York. 338p

Fennell A. 1999. Systems and Approaches to Studying Dormancy: Introduction to the Workshop. HortScience, 34(7):1172-1173.

Finetto G.A. 1997. Effect of Hydrogen Cyanamide Treatment After Various Periods of Chilling on Breaking Endodormancy in Apple Buds. Acta Hortic., 441: 191-200.

Gemma H. 1995. Dormancy breaking in Japanese Pears grown in a heated greenhouse. Acta Hortic., 395: 57-68.

- Hasseb G. and Elezaby A. 1995. Timing of hydrogen cyanamide application and full-bloom, fruit maturity and yield of two apple cultivars. *Acta Horticulturae* 409: 185-189.
- Labuschagné F.I., Louw J.H., Schmid K. and Sadie A. 2003. Budbreak Number in Apple Seedlings as Selection Criterion for Improved Adaptability to Mild Winter Climates. *HortScience*, 38(6):1186-1190.
- Mahhou A., Alahoui H. and Jadari R. 2003. Effets de la cyanamide hydrogène et de l'acide gibbérellique sur la levée de dormance du pommier "Dorsett Golden" au sud du Maroc. *Fruits*, 58 (4): 229-238.
- Manzi M. 2007. Evaluación de diferentes tratamientos compensadores de frío en manzanos (*Malus domestica* Borkh.) Cv. 'Royal Gala'. Tesis de grado. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 74 p.
- McCullagh P. and Nelder J.A. 1989. *Generalized Linear Models*, London: Chapman and Hall. 511 p.
- McPherson H.G., Snelgar W.P., Manson P.J. and Snowball A.M. 1997. Bud Respirations and Dormancy of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Annals of Botany*, 80:411-418.
- Mizobutsi G., Horst Bruckner C., Chamhum L., Ribeiro R., Ferreira Da Motta W. 2003. Aplicação de cianamida hidrogenada e de óleo mineral em caqui. *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal*. Vol 25 N°1: 89-92.
- MGAP. 2006. Encuesta Frutícola. 29 pp

Petri J.L. and Stuker H. 1995. Effecto of Mineral Oil and Hydrogen Cyanamide concentrations on Apple Dormancy, cv. Gala. *Acta Hortic.*, 395:161-167.

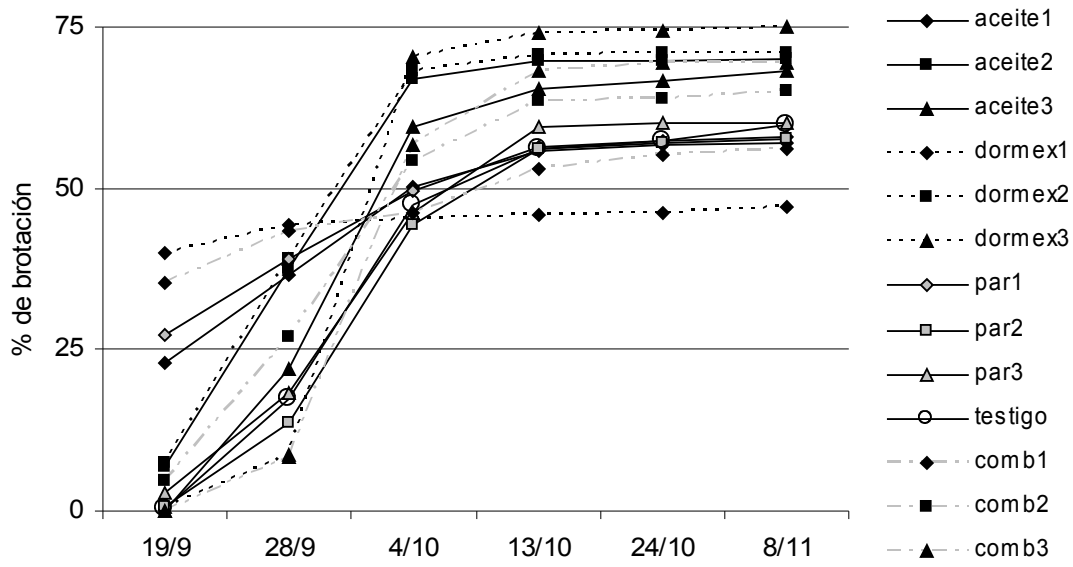
Richardson E.A., Seeley S.D. and Walter D.R. 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach trees. *HortScience*, 9(4):331-332.

SAS © 2008 SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513, USA

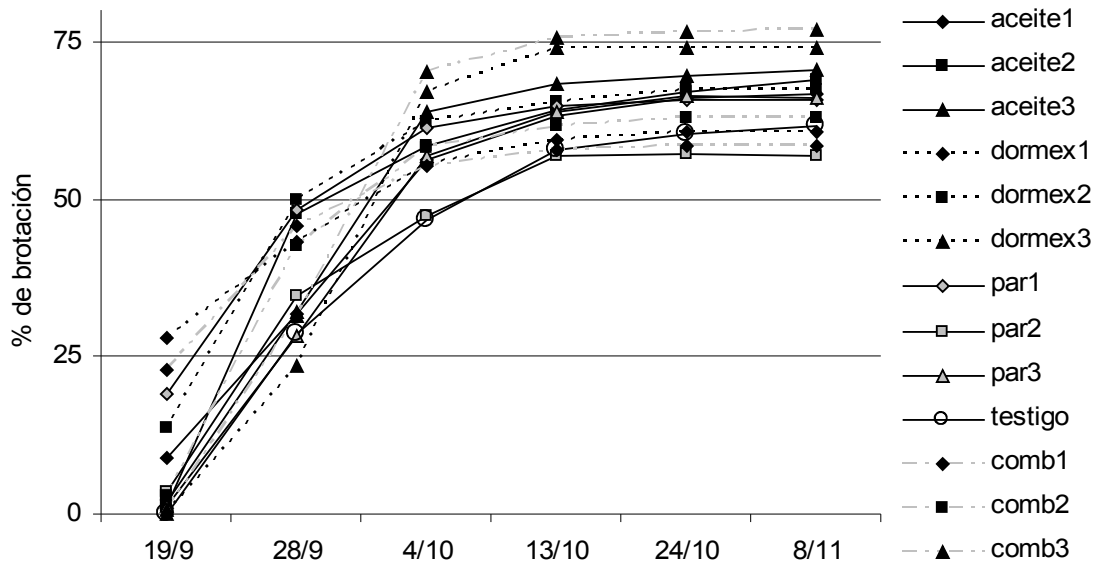
Saure M. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Hortic. Rev.*, 7:239-300.

Settimi L., Marcello I., Davanzo F., Faraoni L., Miceli G., Richmond D., Calvert G.M. 2005. Update: hydrogen cyanamide-related illnesses - Italy, 2002-2004. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 54(16): 405-408

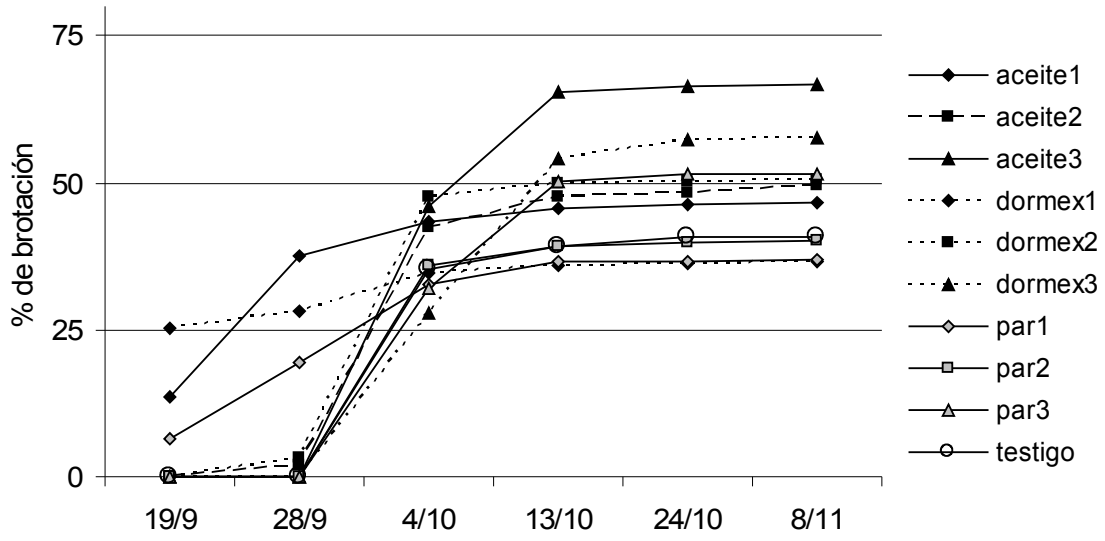
Subhadrabandhu S. 1995. Induction of Budbreak in Apple Trees That Received Insufficient Chilling by Hydrogen Cyanamide. *Acta Hortic.*, 409:171-178.



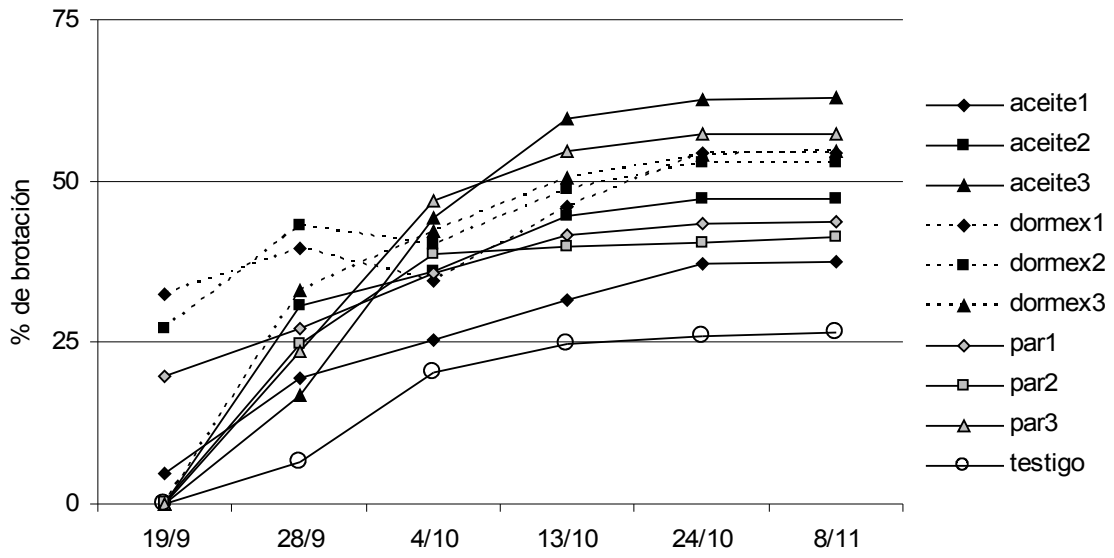
Anexo 3.1



Anexo 3.2



Anexo 3.3



Anexo 3.4

CAPITULO 4: CONCLUSIONES

La investigación desarrollada planteó un doble abordaje de la dormancia en los cultivares de manzano Red Chief y Granny Smith en el sur de Uruguay. Por un lado, realizar una primera aproximación del ajuste de diferentes modelos de cuantificación de frío invernal en relación a la brotación y por otro evaluar la respuesta varietal a la aplicación de compensadores de frío. En función de la estrecha relación entre ambos, es conveniente realizar algunas consideraciones basadas en un análisis integrado de los resultados de ajuste de modelos y de aplicación de productos.

Los modelos de cuantificación de frío evaluados muestran diferentes grados de ajuste, y no es posible, con la información generada en los dos años del estudio, determinar con precisión si alguno de ellos puede ser aplicado en nuestras condiciones, aunque el modelo dinámico (Erez y Couvillon, 1987) mostró resultados como para ser considerado el más promisorio. Sin embargo, la confirmación de la falta de ajuste de los dos modelos más difundidos y utilizados en el país (Richardson y Weinberger) para estos cultivares de manzana, ha quedado claramente establecida. Estos resultados permiten plantear como primera conclusión, la necesidad de continuar en esta línea de investigación. Entendemos posible contribuir a minimizar los errores de manejo que pueden derivarse del uso de modelos de cuantificación de frío no adecuados, tanto para la especie *Malus domestica* como para otras especies de hoja caduca, para las cuales, si bien está detectada la falta de ajuste de los modelos, no se han determinado aún otras alternativas.

Los resultados obtenidos con la aplicación de productos químicos muestran que el efecto de los compensadores de frío en los cultivares Red Chief y Granny Smith en las condiciones del sur del Uruguay se relacionó más al momento de aplicación que a las características del producto aplicado, determinando modificaciones en el

momento y la magnitud de la brotación. Las aplicaciones tempranas determinaron un adelanto en la brotación que no se tradujo en un aumento de la misma, lo que podría estar relacionado a la mayor dominancia apical presentada por éstos. Las aplicaciones tardías, y fundamentalmente aquellas que incluyeron en su formulación a la cianamida hidrogenada, produjeron aumentos en los porcentajes de brotación final y un período de brotación más concentrado, con respecto al testigo y a las aplicaciones tempranas, en ambos años y cultivares.

La cuantificación del frío ocurrido al momento de las aplicaciones y su relación con los requerimientos totales de los cultivares, utilizando el modelo dinámico, se analizarán conjuntamente a los resultados obtenidos en la brotación.

Para el año 2005, el frío cuantificado por este modelo correspondió promedialmente a 64, 89 y 109% de los requerimientos totales, en la primer, segunda y tercer aplicación respectivamente. Con estas diferencias de requerimientos cubiertos, el cultivar Red Chief mostró diferencias en la brotación entre la primer y segunda aplicación y el cultivar Granny Smith brotó significativamente diferente entre la segunda y la tercera aplicación

En la temporada 2006 el frío cuantificado en la primer, segunda y tercer aplicación represento el 75, 94 y 99% de los requerimientos totales. La diferencia de respuesta en brotación en dicha temporada fue significativa para ambos cultivares entre la segunda y tercer aplicación, entre las que las cuantificaciones no variaron mas de un 5%, y ninguno de los cultivares mostró diferencias entre la primer y segunda aplicación, aunque la segunda aplicación fue realizada con un 19% más de requerimientos cubiertos que la primera.

Considerando las situaciones generadas por las diferencias entre dos momentos de aplicación consecutivos, ambos cultivares y ambos años, solamente dos de las ocho analizadas presentaron concordancia entre la estimación de los requerimientos de frío cubiertos según el modelo de mejor ajuste (modelo dinámico) y los resultados obtenidos de la brotación en campo.

Esta falta de coincidencia entre las cuantificaciones y la respuesta a la aplicación de compensadores es uno de los elementos que nos lleva a realizar algunas consideraciones a efectos de mejorar la metodología utilizada. Otro elemento que estaría indicando la necesidad de continuar estudios en este campo, lo constituye el hecho de que en el año 2005 las cuantificaciones correspondientes a la tercer aplicación determinaban que los requerimientos de frío habían superado en un 10% los requerimientos totales de los cultivares, a pesar de lo cual esta aplicación mostró un marcado efecto compensador de frío. En tercer lugar las cuantificaciones de frío detectaron diferencias entre cultivares, menores a las esperadas. Tomando en cuenta el promedio de los modelos, el cultivar Red Chief mostró un requerimiento 14% superior al de Granny Smith, y considerando al modelo dinámico esta diferencia alcanzó únicamente a un 11%. La diferencia citada por la bibliografía determina requerimientos de entre 35% y 40% superiores para Red Chief en relación a Granny Smith.

Las consideraciones que realizamos se centran en dos áreas con posibilidad de ser modificadas. Por un lado, entendemos que la metodología empleada para la determinación de la finalización de los períodos de acumulación, no representó correctamente el fin de la endodormancia. La tasa de brotación, calculada como 1/ (días hasta 25% de brotado de yemas terminales), se mostró como una alternativa al 50% de yemas brotadas. A pesar de que por ser calculada de forma adicional y no tratarse del método elegido no se establecieron correctamente las frecuencias de extracción y observación, los resultados alcanzados indican que las diferencias entre cultivares y el análisis conjunto de los resultados de ambos ensayos fueron más adecuados cuando este método fue utilizado.

Este desajuste en la determinación del fin de la endodormancia es directamente trasladado a la cuantificación del frío requerido por los cultivares y por tanto podría estar determinando parte de las diferencias encontradas entre lo previsto en función de la cuantificación del frío y los resultados de la aplicación de productos compensadores.

Por otra parte, las diferencias en las cuantificaciones de los diferentes modelos en función del origen de los registros varía notoriamente. Analizando las diferencias entre modelos, cultivar y año, detectamos variaciones que van desde 40% menores hasta 165% mayores cuando se utilizan registros de estación meteorológica en relación a las cuantificaciones realizadas con datos provenientes de sensores en las plantas. El análisis de las razones de estas diferencias no formó parte de este estudio pero es claro que las temperaturas varían en ambas condiciones a pesar de colocar los sensores a igual altura, cubiertos de la radiación directa, con buena aireación y sin recibir agua de lluvia. Es de suponer entonces que entre las condiciones en que fueron tomados los registros en las plantas y las condiciones a las que está expuesta la yema existan también algunas diferencias adicionales. Creemos que las diferencias detectadas entre los dos orígenes de registro utilizados y éstas diferencias adicionales planteadas, deben ser analizadas a la luz de que los modelos o la información utilizada para generarlos es registrada con las plantas ubicadas en cámaras de crecimiento, en donde los elementos del clima que pueden generar diferencias entre la temperatura del aire y la de la yema no están presentes.

Por tanto, para contribuir a determinar una forma de cálculo del frío efectivo que ajuste adecuadamente en nuestras condiciones de cultivo, se proponen dos modificaciones a la metodología empleada en este estudio. En primer lugar la utilización de la tasa de brotación para la determinación del fin de la endodormancia. Esta metodología parece más adecuada para determinar el fin de la endodormancia que el 50% de brotación, a pesar de que esta última es la forma más ampliamente difundida. En segundo lugar, se propone ajustar los datos de temperatura empleados en las cuantificaciones, a la temperatura a la que está expuesta la yema, incorporando otros elementos del clima que junto a la temperatura del aire, puedan contribuir a representar lo que podría definirse como la “sensación térmica de la yema”. Estos elementos podrían consistir en radiación incidente o nubosidad, humedad relativa, velocidad del viento y precipitaciones, variables que afectan a la temperatura de la yema y presentan una gran

variabilidad en nuestro clima, por lo que entendemos que podrían contribuir a ajustar el dato de temperatura utilizado en los modelos de cálculo y mejorar así sus resultados.

Resumen.

En Uruguay (34° 37' LS) el uso de productos compensadores de frío en cultivos de manzana (*Malus domestica*) es una técnica ampliamente utilizada y la cuantificación del frío invernal debería ser un insumo clave para su ajuste. Los modelos UTAH y HF son utilizados actualmente, aunque existe evidencia de la falta de ajuste en relación al comportamiento fenológico de la mayoría de los cultivares. El presente trabajo consistió en cuantificar el frío ocurrido durante el período de endodormancia con 6 modelos, en 2 cultivares de manzana (Red Chief, Granny Smith), y evaluar la respuesta a la aplicación de compensadores en tres momentos en dos años de estudio (2005, 2006). Los modelos utilizados fueron HF, UTAH, UTAH+, Modelo Dinámico, North Carolina Model y Modelo para condiciones Subtropicales. El inicio del proceso de salida de endodormancia se fijó cuando se alcanzó el 50% de la caída de hojas y su finalización fue definida en cámara de crecimiento controlado. Los productos compensadores fueron evaluados en un experimento factorial con dos factores, producto y momento. Los productos aplicados fueron H₂CN₂ al 2,5%, aceite mineral parafínico al 3%, aceite mineral parafínico refinado al 2%, y una combinación de H₂CN₂ al 0,75% + aceite mineral parafínico al 2%. La primer aplicación fue realizada cuando se alcanzaron 250 UF (modelo UTAH) (primer quincena agosto) y las siguientes se realizaron la primer y tercer semana de setiembre. Semanalmente se evaluó el porcentaje de brotación en condiciones de campo, se cuantificó el crecimiento de brotes vegetativos y en cosecha se evaluó firmeza de pulpa y contenido de sólidos solubles y almidón. Para determinar el ajuste de un modelo es necesario un mayor número de años, aunque el modelo Dinámico se muestra como el más promisorio. Para la mayoría de las condiciones, los efectos 'momento x producto' y 'producto' sobre la brotación no fueron significativos, mostrando el efecto 'momento' una alta significancia. Los tratamientos aplicados en el segundo y tercer momento mostraron un significativo incremento del porcentaje de yemas brotadas con respecto al control, mientras que los tratamientos aplicados en el primer momento presentaron un adelantamiento de la misma.

Abstract

In Uruguay (34° 37' SL) the use of chemical rest breaking agents to compensate the chilling requirements in apple (*Malus domestica* Borkh) is widely used and winter chill quantification should be a relevant issue to adjust this technique. The UTAH and CH models are usually applied, regardless of which specie or cultivar is considered, although there are evidences of the lack of adjustment to the phenologic behaviour of the main cultivars. The objectives of this work were to quantify the occurrence of winter chill during the endodormancy period with six models, in two apple cultivars ('Red Chief', 'Granny Smith') and to evaluate the response to rest breaking product sprays applied in three moments, during 2005 and 2006. The models used were CH, UTAH, UTAH+, Dynamic Model, North Carolina Model and Model for Subtropical Conditions. Beginning of the endodormancy release was considered when 50% of leaf fall was reached and the end of the process when 50% of one-year-old shoot buds sprouted in a forcing chamber. Products were evaluated in a factorial experiment with two factors, product and moment. These were: Hydrogen Cyanamide (2.5%), paraffin mineral oil (3%), paraffin mineral refined oil (2%) and Hydrogen Cyanamide (0.75%) + paraffin mineral oil (2%) combination. The first application was performed considering 250 CU (UTAH model) (during the first 15 days of August) and the following applications were on the first and third week of September. Budbreak percentage on field conditions was evaluated weekly. In addition, shoot length was quantified. At harvest, flesh firmness, soluble solid and starch contents were measured. In order to determine the viability of these models, a longer evaluating period is needed. Nevertheless, the Dynamic model appears to be more promising. For most cases, 'moment x product' interaction and the main 'product' effect on budbreak were no significant, while the main 'moment' effect had high significance. Treatments applied at the second and third moment showed a significant increment on budbreak percentage respect to the control, while treatments applied former had an advanced budbreak.