

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS
COMPENSADORES DE FRÍO EN MANZANOS
(*Malus domestica* Borkh.) Cv. 'ROYAL GALA'**

por

Matías Jesús MANZI FRAGA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2007

Tesis aprobada por:

Director: -----
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autor: -----
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a la familia García por la posibilidad de poder realizar esta tesis en su predio, y al Ing. Agr. Miguel Núñez, por el vínculo con dicha empresa.

En especial, a mis padres y hermanos, por el apoyo durante toda la carrera.

A Joanna no sólo por sus aportes, sino por todo este tiempo.

A todos los integrantes del grupo de Ecofisiología de Cultivos que han colaborado de una manera u otra para la realización de este trabajo, en especial a la Ing. Agr. Vivian Severino. Al resto del tribunal, Ings. Agrs. Héctor Arbiza y Mercedes Arias, por sus aportes en esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>DORMICIÓN</u>	3
2.1.1. <u>Definiciones</u>	3
2.1.2. <u>Tipos de dormición</u>	3
2.1.3. <u>Características de la endodormición</u>	6
2.1.4. <u>Inducción de la endodormición</u>	6
2.1.4.1. Cese del crecimiento y su relación con la endodormición....	7
2.1.4.2. Senescencia de hojas.....	8
2.1.5. <u>Mantenimiento de la endodormición</u>	9
2.1.5.1 Intensidad de la dormición.....	9
2.1.6. <u>Salida de la endodormición</u>	10
2.1.7. <u>Ecodormición</u>	10
2.2. <u>EFFECTO DE LA TEMPERATURA</u>	11
2.2.1. <u>Efecto de las bajas temperaturas</u>	11
2.2.1.1. Rango de efectividad de las bajas temperaturas.....	12
2.2.2. <u>Efecto de las altas temperaturas</u>	14
2.2.3. <u>Efecto de ciclos alternantes de altas y bajas temperaturas</u>	16
2.3. <u>ESTADO DEL AGUA DURANTE LA DORMICIÓN</u>	17
2.4. <u>COMUNICACIÓN ENTRE CÉLULAS</u>	18
2.5. <u>CAMBIOS EN LA MENBRANA</u>	19
2.6. <u>ROL DE LAS HORMONAS</u>	20
2.6.1. <u>Ácido abscísico(ABA)</u>	20
2.6.2. <u>Giberelinas (GAs)</u>	21
2.6.3. <u>Citoquininas (CKs)</u>	22
2.6.4. <u>Auxinas</u>	22
2.6.5. <u>Etileno</u>	23
2.7. <u>OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA ENDODORMCIÓN</u>	24
2.7.1. <u>Efecto de la luz</u>	24
2.7.2. <u>Efecto de las precipitaciones</u>	24
2.7.3. <u>Oxígeno</u>	24
2.8. <u>REQUERIMIENTOS DE FRÍO</u>	25

2.9. INCONVENIENTES GENERADOS POR UNA INADECUADA ACUMULACIÓN DE FRÍO.....	27
2.10. MANEJO DE LA DORMICIÓN.....	29
2.10.1. <u>Poda y arqueado de ramas</u>	30
2.10.2. <u>Métodos químicos</u>	30
2.10.2.1. Respuestas de las plantas.....	31
2.10.2.2. Aceites.....	32
2.10.2.3. Cianamida hidrogenada	34
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
3.1. MATERIAL VEGETAL Y TRATAMIENTOS APLICADOS.....	40
3.2. VARIABLES EVALUADAS.....	41
3.2.1. <u>Brotación</u>	41
3.2.2. <u>Tamaño de frutos y largo de brotes</u>	42
3.2.3. <u>Cosecha</u>	42
3.2.4. <u>Estimación de las unidades de frío</u>	42
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	43
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	44
4.1 REQUERIMIENTOS DE FRÍO Y FRÍO ACUMULADO EN LOS DISTINTOS MOMENTOS DE APLICACIÓN.....	44
4.2. PORCENTAJE DE BROTAÇÃO.....	46
4.2.1. <u>Porcentaje de ubicación de yemas según su ubicación en las ramas</u>	51
4.3. MOMENTO DE BROTAÇÃO.....	51
4.3.1. <u>Calibre de frutos</u>	54
4.4. LARGO DE BROTES.....	55
4.5. BROTAÇÃO POR POSICIÓN DE LAS YEMAS.....	56
4.6. CONCENTRACIÓN DE LA BROTAÇÃO.....	58
4.7. EFECTO SOBRE EL TIPO DE BROTAÇÃO.....	59
4.8. ANÁLISIS DE COSECHA.....	60
4.8.1. <u>Peso de frutos</u>	62
4.8.2. <u>Sobrecolor de frutos</u>	63
5. <u>CONCLUSIONES</u>	64
6. <u>RESUMEN</u>	65
7. <u>SUMMARY</u>	66
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	67

9. <u>ANEXOS</u>	74
------------------------	----

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
1. Representación esquemática de la inhibición de la brotación durante la dormición.....	5
2. Evolución de los porcentajes de brotación en cámara de forzadura.....	44
3. Evolución de los porcentajes de brotación de los distintos tratamientos.....	46
4. Porcentajes finales de brotación (08/11/2005) por tratamiento.....	48
5. Porcentajes finales de brotación por edad de la madera.....	51
6. Tamaño de frutos (calibre en mm), de cada tratamiento evaluado el 08/11/05...	54
7. Largo de los nuevos brotes alcanzados por los tratamientos.....	55

Tabla No.

1. Especificaciones de los aceites.....	40
2. Unidades de frío acumuladas durante la endodormición, calculadas con datos de campo y de la estación meteorológica de INIA Las Brujas.....	45
3. Acumulación de unidades de frío en los momentos de aplicación, con datos de campo y de la estación meteorológica de INIA Las Brujas.....	45
4. Probabilidades de que el f observado sea mayor al f de tabla para los efectos principales y la interacción, en cada fecha de evaluación de la variable brotación.....	46
5. Temperaturas registradas en los momentos de aplicación y promedio de temperaturas en los 10 días siguientes al momento de la aplicación.....	50
6. Diferencias en los porcentajes de brotación de los distintos tratamientos respecto al testigo en cada fecha ($p < 0.05$).....	50
7. Fecha en la cual los diferentes tratamientos alcanzan el 30 y el 50 % de brotación.....	52
8. Brotación según posición de las yemas en la brindilla y por momento de aplicación de los compensadores.....	57
9. Tasa de brotación (% de brotación/día) entre cada fecha de evaluación.....	58
10. Porcentaje de brotación según tipos de yemas (vegetativas y reproductivas) para cada tratamiento.....	59
11. Análisis de cosecha.....	60

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de manzanos en el país está orientándose en los últimos años, cada vez más, hacia la exportación. Los altos costos de implantación y manejo posterior, conjuntamente con las necesidades de obtener altos rendimientos y calidad durante todo el ciclo productivo del frutal, hacen que se deban ajustar con precisión las prácticas de manejo para lograr los resultados que dicho mercado exige.

Uno de los aspectos claves en los frutales de hoja caduca que determina el rendimiento potencial del cultivo, está determinado por una correcta salida del estado de endodormición que afecta a este tipo de plantas durante los meses de invierno. Este es uno de los mecanismos de adaptación, que permite la sobrevivencia de las plantas a las condiciones de bajas temperaturas. El frío ocurrido durante estos meses, se cita a su vez, como el principal factor que determina el éxito para la superación de dicho estado (Welling, 2004).

En nuestro país, Contarín y Curbelo (1987), señalan que la ocurrencia de inviernos benignos provoca irregularidades en la brotación, tanto reproductiva como vegetativa, como lo son brotaciones lentas y tardías, reducción en el porcentaje de yemas que brotan y anomalías en las flores. Esto lleva, en algunas oportunidades, a alcanzar menores rendimientos (Erez, 1995).

Para levantar esta limitante se utilizan diferentes prácticas culturales, entre las cuales, los productos compensadores de frío, han mostrado ser eficaces en promover la superación de la endodormición, logrando evitar posibles efectos perjudiciales provocados por una acumulación insuficiente de frío por los frutales (Shaltout y Unrath, 1983a).

A pesar de ser ésta una práctica que se realiza con frecuencia en el sector productivo, en nuestro país, no se cuenta con resultados sobre la eficacia ni el momento óptimo para la aplicación de los diferentes compensadores de frío disponibles.

1.1 OBJETIVOS

General

- El objetivo de este trabajo es determinar la respuesta de manzanos (*Malus domestica* B.) cv. 'Royal Gala' a la aplicación de productos compensadores de frío disponibles en el mercado, para promover la superación del estado de endodormición.

Específicos

- Determinar los efectos de los momentos de aplicación de los distintos productos, en el porcentaje y adelantamiento de la brotación, la influencia en el largo final de brotes y en cosecha.
- Establecer los momentos de aplicación, expresados en función de la acumulación de frío invernal, en los que se logra una mayor brotación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DORMICIÓN

2.1.1. Definiciones

Los términos y definiciones reportados en la bibliografía para describir la dormición en árboles perennes de clima templado, son numerosos y confusos (Fuchigami et al., 1987). Nikolaeva, citado por Lang (1987), expresa que una gran cantidad de conceptos y términos, son vagamente utilizados y muchas veces, con un significado incorrecto. Lang et al. (1987) marca a su vez, que la cantidad de términos existentes, se debe a la complejidad del proceso de la dormición.

Saure (1985), Powell (1987), Erez (1995), Ramina et al. (1995), Faust et al. (1997), señalaron que la dormición en frutales de zonas templadas, es una fase del desarrollo, que ocurre anualmente y permite la sobrevivencia de las distintas especies a través de los inviernos fríos.

Samish, citado por Saure (1985), Larcher (1995), Faust et al. (1995b), Arora et al. (2003), señalan que la dormición es un estado en el cual, el crecimiento se encuentra suspendido temporalmente. Sin embargo, Lavee, citado por Saure (1985), enfatizó que la dormición no está necesariamente vinculada con el cese del desarrollo biológico, ya que ocurren importantes procesos de diferenciación en órganos durante la dormición. Saure (1985), Faust et al. (1997), puntualizaron que la dormición no es un estado uniforme dentro del desarrollo de las plantas, pero que cubre un amplio espectro de condiciones fisiológicas, desarrollándose a través de distintos momentos, incluso en aquellos de activo crecimiento.

2.1.2. Tipos de dormición

Doorembos, citado por Saure (1985), describió tres tipos de dormición:

1. *Dormición de Verano*: cuando la extensión del crecimiento de las yemas es impedido por procesos fisiológicos dentro de la planta, pero cuyo efecto no proviene de la misma yema.

2. *Dormición de Invierno*: cuando el crecimiento de las yemas es impedido por un sistema inhibitorio interno, de la propia yema.

3. *Dormición Impuesta*: cuando el crecimiento es imposibilitado por causas externas, directa y reversiblemente por las condiciones ambientales, principalmente hacia el final del invierno.

A su vez, Saure (1985), propuso los siguientes tres términos para diferenciar las distintas fases de la dormición:

1. *Predormición*: es la etapa en la cual las yemas laterales son directamente inhibidas por el crecimiento del ápice del brote y/o por las hojas adyacentes, imposibilitando su brotación. Estos mecanismos pueden ser considerados como la expresión de una inhibición correlativa.

2. *Dormición Verdadera o Receso*: es la etapa en la cual, la fuente de inhibición de la brotación está localizada en el interior de las yemas y por lo tanto, es una expresión de la existencia de inhibición endógena.

3. *Dormición Impuesta*: como tercera fase, es la etapa que ocurre luego de la Dormición Verdadera, en donde la inhibición de la brotación es impuesta por condiciones ambientales adversas, especialmente las bajas temperaturas.

Lang et al. (1987), propusieron una nueva terminología y clasificación, la cual se basa en tres puntos claves: 1) el reconocimiento de la existencia de crecimiento, desarrollo, actividad reducida o cese de la misma, 2) los tejidos que pueden desarrollar la dormición y 3) la indicación de que el crecimiento se puede reasumir. La dormición fue señalada entonces, como “la suspensión temporaria del crecimiento visible de las estructuras de las plantas que contienen un meristema”. Basándose en este concepto, estos autores clasificaron a la dormición en tres tipos, según el fenómeno que las controla:

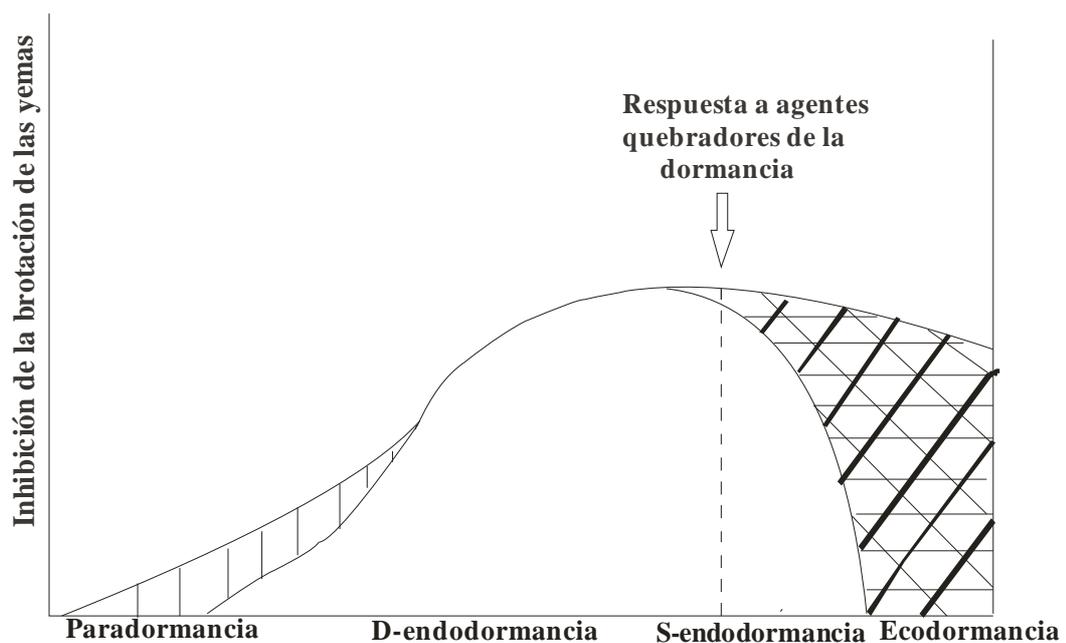
1. *Endodormición*: cuando la reacción inicial que lleva al control del crecimiento es una percepción específica de una señal del ambiente o endógena, la cual afecta internamente a una única estructura. Dentro de los ejemplos, mencionan las señales por frío y fotoperíodo, como factores que regulan fisiológicamente a dicha estructura.

2. *Paradormición*: cuando se genera una señal bioquímica específica, originada en una estructura y que afecta a otra estructura. La señal puede ser disparada o no por el ambiente, como en el caso de la inhibición de las yemas laterales, por parte de factores morfogénicos de órganos cercanos (ápices, testa, etc.).

3. *Ecodormición*: cuando se incluye, en todos los casos, la dormición debida a uno o más factores ambientales no favorables, cuya acción es generalmente inespecífica, afectando el metabolismo de la planta. Se citan entre otros, la falta de nutrientes, agua o las temperaturas extremas.

Faust et al. (1997), Agustí (2004), señalan que estas definiciones son aceptadas por la mayoría de los autores contemporáneos, modificándose sin embargo, algunos conceptos, gracias a un conocimiento más preciso de este fenómeno. Un claro ejemplo es el de la endodormición, a la cual se la ha dividido en dos etapas: una primera, conocida como endodormición profunda (d-endodormancy), y la segunda, como endodormición superficial (s-endodormancy). La primera etapa, se caracteriza por la incapacidad de inducir a las yemas al crecimiento bajo condiciones naturales, mientras que, en la segunda, es posible quebrar la dormición mediante la aplicación de tratamientos artificiales. Doorembos, citado por Saure (1985), Romberger, citado por Faust et al. (1995a), señalan que las diferentes fases de la dormición se solapan entre ellas (figura 1).

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



La dormición comienza con la paradormición y se profundiza durante la d-endodormición. Cuando la endodormición se hace más débil, durante la s-endodormición, las yemas responden a los agentes quebradores de la dormición. La profundidad y la duración de la ecodormición son dependientes del ambiente (Faust et al., 1997).

2.1.3. Características de la endodormición

La endodormición, es característica de las yemas individuales, ya que no todas las yemas se encuentran en la misma fase del proceso de dormición en un momento dado (Saure, 1985).

Paiva y Robitaille (1978), señalaron que la endodormición ocurre en dos etapas, durante la primera, no se registra brotación, aunque se expongan las brindillas a condiciones favorables para el crecimiento, mientras que, en la segunda, sí se registra brotación, al someterlas a dichas condiciones. El pasaje de la etapa 1 a la 2 se encuentra mediado por la acumulación de frío suficiente.

Jacobs et al., Denny y Stanton, Black, Doorembos, citados por Saure (1985), señalan que la dormición se encuentra limitada estrictamente a las yemas, es decir, no es sistémica, mientras que Reinders-Gouwentak, citado por Saure (1985), Seeley (1994), señalan que la endodormición ocurre en los tejidos meristemáticos, como por ejemplo, el cambium.

El cese del crecimiento, la formación de la yema terminal, la senescencia de las hojas y la caída de las mismas, son la secuencia del desarrollo de la dormición en la mayor parte de los árboles frutales que tienen dormición, incluyendo al género *Malus* (Hauagge y Cummins, 1991a).

2.1.4. Inducción de la endodormición

La entrada en dormición es un proceso progresivo, al comienzo, las yemas pueden crecer si son estimuladas correctamente, por ejemplo a través de la poda en verde, deshoje o con un segundo crecimiento de verano, favorecido por la ocurrencia de altas temperaturas, pero una vez establecida la endodormición la yema, no se registra brotación, incluso bajo éstas situaciones (Saure 1985, Frías 2006). La dormición se vuelve progresivamente más profunda, alcanzando su máximo en otoño, cuando el 50% de las hojas de las yemas han caído (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

El acortamiento del fotoperíodo y la reducción de las temperaturas son los factores ambientales que inducen la entrada en la endodormición en el género *Malus*, como en otras especies (Hauagge y Cummins 1991a, Couvillon 1995, Faust et al. 1995a, Ramina et al. 1995). Estos factores actuarían permitiendo el pasaje de las yemas de un estado de paradormición a un estado de inhibición más profunda, la endodormición (Arora et al., 2003).

Para algunos autores el fotoperíodo sería el principal factor ambiental inductor de la endodormición (Fuchigami y Nee 1987, Wareing, Vaartaja, Thomas et al., citados por

Batthey 2000, Welling et al. 2004). En este sentido, las temperaturas bajas definirían más el momento de la entrada en dormición (Faust et al., 1997). Por otro lado, Frías (2006), señala que el principal factor para la inducción de la dormición, lo constituyen las bajas temperaturas, especialmente aquellas situadas por debajo de los 12°C, independientemente del fotoperíodo, coincidiendo con lo señalado por Crabbé y Barnola, citados por Cook y Jacobs (2000). Como consecuencia, la entrada en dormición para una misma variedad, se produce más rápidamente en áreas frías que en las templadas (Cook y Jacobs, 2000). Sin embargo, en manzanos 'Golden Delicious', se logró la entrada de las yemas en endodormición, cuando las mismas fueron mantenidas temperaturas superiores a 20°C (Hauagge y Cummins, 1991a).

La dormición puede ser inducida tan temprano como 5 a 7 semanas luego de la brotación, cuando el crecimiento vigoroso ha finalizado, aunque en el caso de las yemas terminales, éstas inducen hacia el final del verano (Frías, 2006). La preparación para la dormición, puede comenzar en enero (HS), con el acortamiento de los días, aunque la planta lo percibe algunas semanas después (Yuri, 2002). En climas templados, las yemas terminales de brotes de manzanos, entran rápidamente en dormición en otoño (Cook et al., citados por Cook et al., 2005).

Adicionalmente se han publicado trabajos que señalan un efecto positivo de las temperaturas altas durante el período de crecimiento sobre la entrada en endodormición (Jonkers, citado por Hauagge y Cummins, 1991a). En manzanos con altos requerimientos de frío, mantenidos siempre con temperaturas superiores a 18°C durante la misma etapa, mostraron un avanzado estado de dormición. Sin embargo, los cultivares de bajas necesidades de frío, son incapaces de responder de la misma manera a las altas temperaturas, cesando su crecimiento y desprendiendo sus hojas, más tarde en el invierno (Hauagge y Cummins, 1991b).

El desarrollo de la endodormición comienza en las yemas basales de las brindillas, movilizándose luego, en forma acrópeta (Nars y Wareing, Chandler, citados por Powell, 1987). Las yemas frutales (reproductivas) se forman antes que las vegetativas, poco después de la brotación, por lo tanto, entran antes en dormición. En cambio las vegetativas, lo hacen más tardíamente (Frías, 2006).

2.1.4.1. Cese del crecimiento y su relación con la endodormición

La entrada en la dormición es un proceso continuo, que involucra el cese del crecimiento, la formación de la yema terminal, y la senescencia de las hojas (Abbott, citado por Cook et al., 2005), inducido por las condiciones de día corto (Powell 1987, Welling et al. 2004). La existencia de días cortos induce el cese del crecimiento apical, por lo que se estima que el día corto se encuentra relacionado con la inducción del bloqueo de la síntesis de giberelinas (Gas) (Juntilla, citado por Arora et al., 2003). Según

Powell (1987), la elongación de los brotes cesa concomitantemente con la formación de la yema terminal, previamente al desarrollo de la endodormición.

Powell, citado por Powell (1987), señala que en condiciones días largos, la yema terminal es comúnmente formada hacia el fin de la primavera o a comienzos del verano, mucho antes del inicio de la dormición. En este momento, el cese del crecimiento es probablemente provocado por la competencia existente entre numerosas fosas. Siguiendo a la formación de la yema terminal, existe un período de tiempo en el cual las yemas terminales pueden ser forzadas a crecer, si se proporciona suficiente agua y nutrientes, especialmente nitrógeno. Sin embargo, durante el resto de este período, las yemas axilares son incapaces de crecer, debido a la influencia de la dominancia apical; la remoción de la yema terminal, provoca la brotación de entre una y tres yemas superiores (Powell, 1987). Existen casos en donde la yema terminal se ha formado en respuesta a fotoperíodos cortos, pero la dormición no se desarrolla, incluso luego de un largo período de tiempo, retomándose el crecimiento con fotoperíodos largos (Vegis, citado por Powell, 1987).

El cese del crecimiento puede ser provocado también por diversos factores, como lo son la edad de las plantas, la fertilidad y humedad del suelo, los reguladores de crecimiento y las temperaturas registradas en la caída de hojas (Faust, citado por Guak y Fuchigami, 2001).

2.1.4.2. Senescencia de hojas

El fotoperíodo corto es percibido por los fitocromos de las hojas, los cuales estimulan la producción de promotores de la dormición y de la aclimatación (Fuchigami, citado por Fuchigami y Nee 1987, Arora et al. 2003). Según Powell (1987), las hojas son las responsables de la inhibición del crecimiento. De hecho, la remoción de las hojas, resulta en una disminución en la intensidad de la dormición (Spiers y Draper, Walser et al., citados por Powell, 1987). En cambio, Mielke y Dennis, citados por Powell (1987), reportaron que si bien, una defoliación llevada a cabo en cerezos, durante el otoño, previene un incremento en los niveles de ácido abscísico (ABA), la intensidad de la dormición no es alterada. La defoliación manual de manzanos cv. 'Granny Smith' durante el verano, intensificó la dormición durante el invierno, mientras que la defoliación provocada mediante aplicaciones de productos químicos, no tuvo efecto en la misma; por lo tanto Cook et al. (2005), ponen en duda la implicancia de las hojas en la percepción de los estímulos que llevan a la inducción de la dormición. Sin embargo, las escamas de las yemas (hojas modificadas), podrían ejercer un efecto inhibitorio sobre la brotación (Abbott, Swartz et al., Tinklin y Scchwabe, citados por Powell, 1987). En manzanos se registró una acumulación de inhibidores en las brácteas (Yuri, 2002). La remoción de las escamas en yemas de manzanos, en etapas tempranas de la dormición,

permite la brotación de las yemas, pero en etapas más profundas, la influencia de las mismas es mínima (Swartz et al., citados por Powell, 1987).

Luego de que las yemas terminales se han formado, las bajas temperaturas favorecen la senescencia de las hojas, así como una profundización de la dormición (Fuchigami y Nee 1987, Hauagge y Cummins 1991b, Lakso et al., citados por Cook et al. 2005), mientras que, en condiciones de clima templado, la caída de las mismas se retrasa (Cook et al., 2005). Couvillon (1995), señala que la acumulación de frío efectivo, comienza únicamente luego de la ocurrencia de una caída significativa de hojas. La presencia de las hojas durante el otoño, reduce la eficiencia del frío en más de un 60%; en otoños cálidos la presencia de las hojas se extiende, por lo que se alarga el período de dormición (Peereboom Voller y Yuri, 2004). Sin embargo, existen evidencias de que la inducción de la dormición y la abscisión de las hojas, son procesos independientes (Cook et al. 2005, Frías 2006).

2.1.5. Mantenimiento de la endodormición

2.1.5.1. Intensidad de la dormición

Welling et al. (2004), señalan que durante el invierno, las plantas no son sensibles al fotoperíodo y los procesos que regulan el desarrollo de la dormición, son modificados principalmente por la temperatura ambiente.

El patrón estacional de la dormición de las yemas de manzanos se asemeja a una curva normal, donde se alcanza un máximo y luego decrece gradualmente, con la acumulación de bajas temperaturas (Hauagge y Cummins, 1991b). La máxima intensidad se alcanza unas pocas semanas luego de la caída de hojas (Powell, 1987).

Plantas expuestas algunas semanas a bajas temperaturas temprano en el otoño, desarrollan una dormición más intensa que aquellas mantenidas en condiciones templadas (Powell, 1987). Las yemas florales de los durazneros, manifiestan una dormición menos intensa, la cual disminuye más lentamente que la de las yemas vegetativas, con la acumulación de frío (Gariglio et al., 2006).

La primera parte de la endodormición se caracteriza por un gradiente basípeto en la capacidad de brotación (Paiva y Robitaille 1978, Arias y Crabbé, citados por Saure 1985), mientras que hacia el fin de la dormición, existe un retorno hacia el ápice (Arias y Crabbé, 1975). En cambio, Chandler, citado por Saure (1985), señala que la influencia de la dormición es más fuerte en la parte basal que en la apical, en el final del verano y otoño, mientras que en primavera, luego de un invierno con frío adecuado, es más débil en la zona basal. Paiva y Robitaille (1978) plantean que la dormición depende de la edad

de las yemas, ocurriendo más temprano en las yemas más viejas y más tarde en las yemas más distales.

2.1.6. Salida de la endodormición

La transición desde la endodormición hacia la brotación no es continua, ocurriendo en forma gradual (Couvillon y Erez, citados por Couvillon, 1995). Parmentier et al. (1998), señalan que en plantas leñosas, la relación entre el momento de brotación y la intensidad de la dormición, es variable. También, Parmentier et al. (1998) cita a Mauget y Germain, quienes indican que, tanto plantas con dormición débil y otras con dormición más profunda, pueden reanudar el crecimiento en el mismo momento.

En climas templados, luego de la entrada en dormición, las yemas terminales de manzanos, comienzan a superar la misma, lentamente al inicio y más rápidamente hacia finales del invierno, antes de la brotación de primavera (Cook et al., citados por Cook et al., 2005). Para Battey (2000), el fotoperíodo puede ser importante, pero sólo es crítico cuando los requerimientos de frío no son completados. Además, Battey (2000) cita a otros autores (Campbell y Sugano, Campbell, Cannell y Smith) que señalan que quizás los fotoperíodos largos podrían compensar una parte del déficit de frío.

2.1.7. Ecodormición

La salida de la endodormición, favorecida por las bajas temperaturas, mantiene al meristema en un estado de dormición impuesta (ecodormición), en donde el crecimiento aguarda únicamente, la ocurrencia de condiciones ambientales favorables (Rees, citado por Battey, 2000). Los requerimientos de frío son satisfechos, muchas veces, cuando la temperatura es muy baja como para permitir el crecimiento, por lo tanto las yemas, deben de esperar a que las mismas se incrementen (Fuchigami y Nee 1987, Powell 1987).

Las unidades de calor (GDH) requeridas, dependen de la cantidad de frío acumulado previamente (Hauagge y Cummins 1991b, Ramina et al. 1995, Couvillon 1995). Los árboles que reciben insuficiente frío invernal, requieren más unidades de calor para la brotación, que aquellos que reciben frío en forma suficiente (Swartz y Powell, Couvillon y Erez, citados por Powell, 1987), modificando el momento de brotación. A causa de esto, los genotipos pueden variar el patrón de brotación, cuando se consideran sitios donde el frío acumulado es diferente (Hauagge y Cummins, 1991b).

La temperatura base comúnmente aceptada para la acumulación de GDH en manzanos en condiciones templadas, es 4.5°C (Yuri, 2002). Según Anderson et al., citados por Hauagge y Cummins (1991b), existe una mejor correspondencia entre el desarrollo de la curva de la dormición y la brotación, cuando se utilizan otras

temperaturas distintas a éstas. En algunos cultivares de bajos requerimientos de frío como ‘Elstar’ o ‘Winter Banana’, se alcanza una estimación más precisa del momento de brotación, cuando la temperatura base utilizada es 10°C. Esta variación indica que las diferencias en las temperaturas mínimas de activación, pueden jugar un rol importante en la adaptación del género *Malus* y distintos cultivares dentro del género, a climas templados y fríos (Hauagge y Cummins, 1991b).

Según Powell (1987), aún no se conoce detalladamente la interacción entre los requerimientos de frío y las unidades de calor. Sin embargo, Champagnat, citado por Powell (1987), trabajando con *Fraxinus excelsior*, reportó que luego de exponer las yemas a condiciones de frío, sólo se registraba brotación con temperaturas de entre 20 y 30°C; mientras que, si aumentaba el período de exposición al frío, las temperaturas a las cuales las yemas iniciaban la brotación, se ampliaban (8 a 30°C).

2.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA

La temperatura constituye el factor climático más importante que afecta la dormición de las yemas (Erez, 1995). La brotación es afectada por dos procesos dependientes de la temperatura, primero, la acumulación de frío para la satisfacción de la endodormición; en segundo lugar, la acumulación de calor requerido por las yemas, para el desarrollo de la floración y foliación, posterior a la acumulación de frío (Hauagge y Cummins 1991b, Couvillon 1995, Ramina et al. 1995, Couvillon y Erez, citados por Naor et al. 2003).

2.2.1. Efecto de las bajas temperaturas

El factor crítico en el desarrollo de la dormición son las bajas temperaturas, profundizando la dormición, durante el período de paradormición (Kobayashi et al., Lavee et al., citados por Powell 1987, Fuchigami y Nee 1987, Welling et al., Crabbé y Barnola, citados por Cook et al. 2005) y favoreciendo la liberación, durante la endodormición (Brown et al., Westwood y Bjornstad, citados por Fuchigami y Nee 1987, Welling et al. 2004, Gariglio et al. 2006).

La respuesta de los frutales caducos al frío invernal, influye sobre tres parámetros de la brotación: el nivel, la duración y la uniformidad de la brotación. Niveles altos, brotaciones vegetativas y reproductivas rápidas y uniformes, son el resultado de una brotación apropiada (Erez, 1995). La velocidad de brotación y el vigor de los brotes, es función del frío que las plantas reciban durante el invierno (Farmer, Nienstaedt, Thompson et al., citados por Fuchigami y Nee 1987, Faust et al. 1995a). La exposición a las bajas temperaturas durante un período mayor al requerido, acorta el tiempo para la

brotación e incrementa el crecimiento (Hauagge y Cummins, 1991b). La exposición al frío durante la endodormición, favorece la brotación de las yemas vegetativas y reproductivas, pero el aumento en las primeras es mayor (Shaltout y Unrath 1983a, Gariglio et al. 2006).

Saure (1985), propone que durante la fase más profunda de la endodormición (d-endodormición), luego de la acumulación de bajos niveles de frío, sólo es superada una pequeña proporción de la dormición, existiendo aún, un fuerte potencial de inhibición por altas temperaturas. Además, según esta propuesta, durante esta fase, las unidades de frío pueden ser desacumuladas, incluso con bajas temperaturas. En cambio, sobre el final de la endodormición, se ha acumulado suficiente frío como para promover la salida de la dormición, llevando a una disminución del potencial inhibitorio. Durante la fase s-endodormición, las altas temperaturas pueden provocar una desaclimatación, mientras que las bajas temperaturas, promueven el endurecimiento y la salida de la dormición (Kobayashi et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987).

2.2.1.1. Rango de efectividad de las bajas temperaturas

La cuantificación de la acumulación de frío, ha sido adoptada como una metodología que permitiría estimar la profundidad y el progreso de la dormición de las yemas, debido a la ausencia de cambios externos en las yemas durante la dormición (Arora et al., 2003).

Las temperaturas efectivas y la duración del período de frío requerido para satisfacer los requerimientos de la endodormición, son dependientes de la constitución genética de las plantas (Nienstaedt, Nooden y Webber, Samish, citados por Fuchigami y Nee, 1987) y posiblemente, también de las condiciones ambientales durante temporada anterior (Perry, citado por Fuchigami y Nee, 1987).

Durante la d-endodormición, el rango de temperaturas que promueve la salida de la dormición es estrecho, mientras que la efectividad de las mismas es baja. En cambio, sobre el final de la dormición, no sólo se amplía el rango de temperaturas efectivas, sino que aumenta su eficiencia (Saure 1985, Young 1992, Tamura et al. 1995), disminuyendo la inhibición impuesta por altas temperaturas, la cual desaparece posteriormente (Vegis, citado por Saure, 1985).

Erez y Lavee, citados por Saure (1985), obtuvieron una máxima eficiencia en el quiebre de la dormición con temperaturas de 6°C, en el caso de las yemas laterales vegetativas de durazneros y de 8°C, en el de las yemas terminales. En otros casos, la temperatura de 5°C es reportada como la más efectiva (Campbell y Sugano, Timmis et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987). En cambio, Erez y Couvillon, citados por Saure

(1985), Couvillon (1995), reportaron que la temperatura más efectiva para quebrar la dormición, tanto de las yemas vegetativas como de las reproductivas, fue de 8°C. Richardson et al. (1974), a través del modelo para la estimación de Unidades de Frío, señalan que la temperatura óptima para la salida de la dormición, es de 6°C. Naor et al. (2003), no hallaron diferencias en la brotación con temperaturas menores a 6°C, registrando la máxima brotación, con temperaturas de 0°C.

Si bien no existe unanimidad sobre la temperatura más efectiva en quebrar la dormición para las distintas especies y tipos de yemas, se señala que la efectividad del frío para quebrar la dormición, tiene un máximo entre los 6°C y 8°C (Erez, 1995). Sin embargo, el rango de temperaturas que continúan siendo efectivas, aunque menos eficientes, es más amplio. Para Samish, citado por Faust et al. (1995a), el rango de temperaturas efectivas se encuentra comprendido entre 2°C y 9°C. Erez y Lavee, citados por Saure (1985), Freeman y Martin, citados por Shaltout y Unrath (1983b), trabajando con yemas florales de durazneros, señalan que la temperatura de 10°C es la mitad de efectiva que 6°C; mientras que para Erez y Lavee, citados por Saure (1985), las temperaturas de entre 3°C y 6°C, son tan efectivas como aquellas de 6°C.

Las temperaturas por debajo de 0°C no poseen un efecto claro sobre la salida de la dormición. Generalmente, temperaturas situadas justo por encima del punto de congelamiento, son más efectivas que las temperaturas aún más bajas (Nienstaedt, Nooden y Weber, Sarvas, citados por Fuchigami y Nee, 1987). Algunos autores en cambio, aseveran que las temperaturas menores a 0°C, no contribuyen a la salida de la dormición (Weimberger, Brown, citados por Fuchigami y Nee, 1987). Temperaturas de -1°C, si bien intensifican la entrada en la dormición en yemas de manzanos, cuando son recibidas antes de que ocurra acumulación de frío, éstas son señaladas como poco efectivas durante el proceso de dormición (Richardson et al. 1974, Cook et al. 2005). A su vez, Zanette, citado por Putti et al. (2003), encontró que las temperaturas de 3°C y -3°C, tuvieron un efecto similar en favorecer el quiebre de la dormición en manzanos. Otros autores señalan que las temperaturas por debajo del punto de congelamiento de la especie, son efectivas en levantar la dormición y en la obtención de una brotación razonable (Sparks et al., Thomas y Wilkinson, citados por Saure 1985, Nee, citado por Fuchigami y Nee 1987).

Erez (1995), señala que no existe acumulación de frío con temperaturas por debajo de -1°C ni por encima de 13°C. En otros casos, la ocurrencia de temperaturas 0°C y 12°C, provocaron un mismo efecto en la brotación, aunque a 14°C, no se vió favorecido el levantamiento de la dormición (Erez y Couvillon, citados por Saure, 1985). Adicionalmente, la temperatura de 12°C, es capaz de favorecer la acumulación de frío y también contribuir a las unidades de calor, favoreciendo la brotación (Zanette, citado por Putti et al., 2003).

Si bien, para Battey (2000), el frío efectivo para la salida de la dormición está referido a temperaturas por debajo de los 10°C, Putti et al. (2003) señalan que el tiempo medio para la brotación de las yemas de manzanos, disminuye en la medida en que aumenta el tiempo de exposición al frío dentro del rango de 5 y 15°C, siendo incluso este límite superior, efectivo en satisfacer los requerimientos de frío de cultivares con bajos requerimientos. Estas temperaturas o incluso aún mayores, han sido reportadas como efectivas para la entrada y salida de las yemas de la dormición (Crabbé, Mauget y Rageau, citados por Cook et al., 2005). Las temperaturas de entre 5 y 10°C mayores que las habitualmente consideradas óptimas para la acumulación de frío, si bien no tienen un efecto en si mismas en quebrar la dormición, podrían acelerar el proceso hacia la brotación, si ocurren luego de que se haya cubierto una parte de sus requerimientos de frío (Erez 1987, Young 1992).

Por otro lado, según Gariglio et al. (2006), la acumulación de frío excesivo, en cultivares de duraznero de bajos requerimientos, reduce el porcentaje de brotación de las yemas florales, pero no de las yemas vegetativas. Este descenso, se debe probablemente, a un daño fisiológico provocado por una extensa exposición a las bajas temperaturas por parte de las yemas y los brotes (Citadin et al., citados por Gariglio et al., 2006).

2.2.2. Efecto de las altas temperaturas

Si bien, durante la endodormición, las bajas temperaturas aceleran el levantamiento de la misma, las altas temperaturas lo retrasan (Weimberger, Overcash y Campbell, citados por Erez et al. 1979a, Saure 1985). Las mismas, pueden revertir el proceso de acumulación de frío, dando lugar a una dormición secundaria en las yemas que han recibido frío en forma parcial (Powell, 1987), modificando la tasa de brotación en yemas florales de durazneros (Weimberger, citado por Erez et al., 1979a).

El efecto negativo en la acumulación de frío de las altas temperaturas, depende de la etapa de desarrollo de la dormición (Fuchigami y Nee, 1987). En este sentido, se señala que el rango de temperaturas que promueven la desacumulación del frío, disminuye progresivamente durante la dormición (Vegis, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Por lo tanto, para algunos autores, la desacumulación ocurre únicamente cuando las altas temperaturas son percibidas durante los dos primeros tercios del período de acumulación de frío (Couvillon y Erez, citados por Young 1992, Young 1992). En cambio, Couvillon y Erez, citados por Couvillon (1995), señalan que el mayor efecto desacumulativo ocurre durante el último cuarto del período de acumulación de frío.

Los cultivares de bajos requerimientos de frío son mencionados por poseer una mayor tolerancia a las altas temperaturas que los cultivares de altos requerimientos (Gilreath y Buchanan, citados por Saure, 1985). Las altas temperaturas provocan desacumulación de frío en algunos cultivares, no afectando este proceso en otros

(Parmentier et al., 1998). Saure (1985), sugiere que la diferencia entre los cultivares con altos y bajos requerimientos de frío, puede ser fisiológicamente similar a las diferencias existentes entre la d-endodormición y la s-endodormición, características de los cultivares de altos requerimientos.

La duración de la exposición de las yemas a las altas temperaturas, es señalada como un factor crítico en la desacumulación de frío (Couvillon y Erez, Erez et al., citados por Couvillon 1985, Fuchigami y Nee 1987). La ocurrencia de altas temperaturas durante cortos períodos, no posee ningún efecto sobre la acumulación de frío; sin embargo, cuando los mismos ocurren a continuación de cortos períodos de frío, generan una desacumulación, llevando a una dormición más prolongada (Erez et al. 1979a, Erez et al., citados por Faust et al. 1997). De modo contrario, Young (1992) encontró que las altas temperaturas, recibidas antes de la acumulación de frío, también poseen un efecto negativo en futuras acumulaciones. Couvillon y Erez, citados por Young (1992), señalan que al menos, la ocurrencia de altas temperaturas debe exceder las 4 horas de duración, para tener efecto desacumulador. Para que las altas temperaturas logren este efecto, a su vez, deben ocurrir dentro de unos pocos días posteriores a las bajas temperaturas. Según algunos autores, existe un proceso de fijación del frío acumulado, el cual es irreversible, previniendo futuros procesos de desacumulación (Erez y Lavee, citados por Fuchigami y Nee 1987, Erez et al., citados por Faust et al. 1997, Fishman et al., citados por Naor et al. 2003).

Temperaturas por encima de los 18°C, pueden llevar a una desacumulación de frío, dependiendo de la duración, el nivel y el largo del ciclo de altas y bajas temperaturas. Mayores duraciones diarias de altas temperaturas, las temperaturas más altas y los ciclos más cortos de altas y bajas temperaturas, provocan una mayor desacumulación (Erez, 1995). Bennet, citado por Saure (1985), observó, que unas pocas horas a 22,8°C ya son suficientes para contrarrestar el posible efecto de 18 horas de frío efectivo.

Erez et al. (1979b) registraron que no ocurre brotación de las yemas laterales si las plantas de duraznero en dormición son expuestas a temperaturas de 24°C. Además, en ciclos diarios con temperaturas de 21°C ó 24°C durante 8 horas, resultaron en una total reversión del efecto del frío (6°C), mientras que las temperaturas de 18°C o menores, no revirtieron el frío acumulado, registrándose brotación. Con estos indicios, concluye que el umbral de temperatura en la cual existe reversión del efecto del frío, estaría entre 18 y 21°C. Las temperaturas altas, superiores a este umbral, resultan en una desacumulación total del frío, mientras que temperaturas menores, no tienen o su efecto es mínimo.

Cuando las temperaturas alcanzan los 35°C y más, éstas pierden su capacidad de retrasar la brotación, de hecho, la promueven, por más que el período de exposición a dichas temperaturas sea corto (Saure, 1985). Sin embargo, Huang, citado por Saure

(1985), señaló que el efecto de éstas, sólo puede reemplazar al efecto del frío, si las yemas se encuentran en un estado de dormición superficial, mientras que las yemas en dormición profunda no responden.

2.2.3. Efecto de ciclos alternantes de altas y bajas temperaturas

Las fluctuaciones térmicas, son señaladas como más efectivas en levantar la dormición que las temperaturas constantes (Lyr et al., Samish, citados por Fuchigami y Nee 1987, Darnell y Davies, citados por Parmentier et al. 1998).

Las temperaturas moderadas poseen efecto si son recibidas conjuntamente con el frío; aquellas situadas entre 13°C y 15°C, tienen un fuerte efecto sinérgico con las bajas temperaturas (Erez, 1995). En durazneros, se registró que las fluctuaciones diarias (ciclos de temperaturas de 16 horas a 6°C y 8 horas a 15°C), fueron más efectivas en quebrar la dormición que cada una de estas temperaturas mantenidas en forma constante (Erez y Lavee, Samish, citados por Fuchigami y Nee, 1987). En este sentido, el nivel de brotación de yemas de manzanos es menor si son colocados a 6°C, que en ciclos de temperaturas de 6°/14°C. Sin embargo, con ciclos de 6°/17°C o superiores, existe un efecto negativo en la brotación, con respecto al los 6°C continuos, debido principalmente, a la desacumulación del frío (Naor et al., 2003).

Temperaturas de 20°C durante 2 a 4 horas, en ciclos diarios combinados con temperaturas de 4°C, resultaron en un aumento de la brotación con respecto a 4°C continuos. En cambio, si el período de 20°C se extiende a 6 horas, se registra una disminución en la brotación (Couvillon y Erez, citados por Couvillon, 1995).

Ciclos de 5 a 7 días con bajas temperaturas, seguidos por períodos de altas temperaturas de hasta 12 días, no tienen efecto desacumulador (Erez y Lavee, citados por Erez et al., 1979a). Sin embargo, cuando el período de frío es de 16 horas, combinado con 8 horas a 21°C, la desacumulación de frío es total (Erez et al., 1979c). En ciclos de 3 días (2 días a 4°C y 1 día a 24°C), la brotación registrada fue muy pobre. Al aumentar el largo del ciclo, el efecto desacumulador de frío por las altas temperaturas disminuyó, concluyendo que la duración de la exposición a las altas temperaturas y por lo tanto, del ciclo, es fundamental (Erez et al., 1979a).

2.3. ESTADO DEL AGUA DURANTE LA DORMICIÓN

La actividad biológica de los tejidos depende del estado fisiológico del agua, debido a que los distintos procesos metabólicos requieren agua libre en las células (Bruni y Leopold, Kunz y Kauzman, citados por Faust et al. 1995b, Bubán y Faust 1995).

Los cambios en el estado del agua durante la dormición, han sido implicados con los requerimientos de frío. Manzanos con bajos requerimientos de frío convierten el agua al estado libre, más temprano que aquellos con altos requerimientos (Faust et al., citados por Erez et al., 1998). Sin embargo, algunos autores apoyan la posibilidad de que el agua ligada se encuentre más correlacionada con la aclimatación al frío, que con la endodormición (Kaku et al., citados por Parmentier et al. 1998, Erez et al. 1998, Rowland y Arora, citados por Arora et al. 2003).

El contenido de agua libre en yemas de manzanos, desciende durante el desarrollo de la dormición, incrementándose el contenido de agua ligada. Las dehidrinas, constituyen las proteínas responsables en ligar el agua (asociada a macromoléculas por uniones de hidrógenos entre grupos polares o por uniones hidrofóbicas entre residuos no polares) (Bubán y Faust 1995, Fullerton y Cameron, citados por Parmentier et al. 1998, Welling et al., citados por Welling et al. 2004), debido a su alta actividad hidrofílica (Erez et al. 1998, Faust et al., Close et al., citados por Parmentier et al. 1998). Las dehidrinas, son un grupo perteneciente a las proteínas “late embryogenesis abundant” (LEA), las cuales son acumuladas en los tejidos de las plantas, especialmente bajo condiciones que llevan a incrementar la tolerancia a la deshidratación, como lo son las bajas temperaturas o el déficit hídrico (Close, Svensson et al., citados por Welling et al., 2004). Faust et al. (1997), proponen que las dehidrinas ligan el agua libre, lo cual protege a la planta de la ocurrencia de bajas temperaturas y simultáneamente, profundiza la dormición. Al permanecer el agua ligada en las yemas, permite el mantenimiento de los niveles de hidratación a temperaturas mucho más bajas que las de congelamiento (Erez et al., 1998).

Las condiciones de día corto y las bajas temperaturas, que profundizan la dormición, también aumentan la proporción de agua ligada en las yemas de durazneros (Erez et al., citados por Faust et al. 1997, Erez et al. 1998). En este sentido, un leve incremento en el nivel de ARNm que codifica para un tipo de dehidrina, fue encontrado en tallos de abedul (*Betula pubescens*), luego de 9 semanas en condiciones de día corto, incrementándose drásticamente su nivel, por efecto de las bajas temperaturas. En cambio, en condiciones de día largo, la ocurrencia de bajas temperaturas o condiciones de stress hídrico, poseen un menor efecto en la transcripción de esta proteína (Welling et al., 2004). En yemas florales de arándanos, se han identificado tres dehidrinas, las cuales aumentan su nivel endógeno, cuando descienden las temperaturas (Muthalif y Rowland, citados por Parmentier et al., 1998).

En yemas que se encuentran en dormición, el movimiento del agua es restringido, aumentando el contenido de agua libre, cuando los requerimientos de frío son satisfechos (Faust et al., Liu et al., Gardea et al., citados por Erez et al. 1998, Rowland et al., Faust et al., citados por Parmentier et al. 1998). Este aumento se debe a un leve descenso en el nivel de dehidrinas, en la medida en que la planta es sometida a bajas temperaturas (Faust et al., 1995a). Sin embargo, Parmentier et al. (1998) no encontraron cambios en el estado del agua durante la acumulación de frío en arándanos, concluyendo, que la satisfacción de los requerimientos de frío no es por si misma suficiente para que ocurra un aumento en el nivel de agua libre. En cambio, luego de un día con temperaturas favorables para el crecimiento, sí detectaron un aumento en nivel de agua libre. Este mismo hallazgo, es señalado por Erez et al., citados por Parmentier et al. (1998), trabajando con yemas florales de durazneros. El principal factor que favorece la liberación del agua, es la ocurrencia de altas temperaturas luego de la acumulación de frío suficiente (Erez et al. 1998, Liu et al., Faust et al., citados por Parmentier et al. 1998).

2.4. COMUNICACIÓN ENTRE CÉLULAS

Champagnat, Crabbé y Barnola, Faust et al., citados por Arora et al. (2003), señalan que los mecanismos de inducción y salida de la dormición están basados en un bloqueo metabólico, de comunicación o una barrera permeable entre las yemas y el tejido adyacente. Este bloqueo se desarrolla gradualmente, comenzando por un efecto de larga distancia debido a la inhibición correlativa (paradormición) y luego por una inhibición de corta distancia, debida a una barrera entre la yema y el tallo (Champagnat, citado por Faust et al., 1997).

Durante el desarrollo de la dormición y la exposición a días cortos, la frecuencia de plasmodesmos en las paredes celulares de las yemas apicales de álamos (*Populus* sp.), decrece y el diámetro de los poros se reduce. Estas alteraciones podrían llevar al cese del crecimiento de las yemas (Jian et al., citados por Arora et al., 2003). Más aún, Rinne et al. (2001), Arora et al. (2003), encontraron que la vía simplásmica es bloqueada durante la dormición del meristema apical, en respuesta a los días cortos. Este bloqueo es inducido por la formación de 1,3-β-D-glucano (Rinne y Van der Schoot, citados por Arora et al., 2003). Rinne et al. (2001), Arora et al. (2003), proponen que el frío acumulado restablece la comunicación simplásmica, por aumento de las 1,3-β-D-glucanasas, permitiendo restaurar el intercambio entre las células y así, retomar el crecimiento. A su vez, la activación de las glucanasas durante la salida de la dormición, estaría inducida por el aumento en el nivel de giberelinas (GAs), las cuales pueden ser sintetizadas en células individuales dentro del meristema apical, en respuesta al frío

acumulado. La reasunción de la comunicación entre las células individuales del meristema apical, vía plasmodesmos, puede permitir el movimiento simplásmico de pequeñas moléculas que actúan como señales, hormonas o proteínas responsables de la salida de la dormición (Arora et al., 2003).

2.5. CAMBIOS EN LA MEMBRANA

El estado físico de la membrana lipídica juega un rol importante en determinar la función fisiológica de los tejidos de las plantas (Raison y Chapman, Wang, citados por Wang y Faust, 1990).

La salida de la dormición, favorecida por la acumulación de frío, puede activar inicialmente enzimas lipolíticas, las cuales podrían provocar cambios en las membranas del protoplasma (Saure, 1985). La actividad de las mismas en las yemas de manzanos se incrementa fuertemente a medida que se acumula frío (Liu et al., citados por Young et al., 1995). La máxima actividad de la enzima lipasa ácida ocurre a 5°C (Smolenska y Lewak, Zarska-Maciejewska et al., citados por Saure, 1985). Vegis, citado por Saure (1985), menciona que su desaparición ocurre tanto durante la última etapa de la endodormición, como luego de tratamientos con compensadores de frío, logrando que aumente la permeabilidad de las membranas.

Durante el período de dormición, el ácido linoléico (18:2) se incrementa hasta alcanzar un máximo, temprano en febrero (HN), mientras que el ácido linolénico (18:3), registra un muy leve incremento, sin importar el grupo de fosfolípidos del que forme parte (Wang y Faust, citados por Faust et al., 1997). La relación de ácidos grasos insaturados sobre los saturados se incrementa en este período (Gemma, 1995a). La desaturación de los ácidos grasos es un factor clave relacionado con la función de la membrana. Su principal efecto es crear un ambiente fluido y altamente permeable, que permita el normal funcionamiento de la misma, bajo condiciones de bajas temperaturas (Faust et al., 1997). De esta forma se conserva la fisiología de la bicapa para la brotación (Wang y Faust, 1990), de forma tal que las proteínas y los lípidos difundan a través de la membrana, ejerciendo su efecto en el metabolismo celular (Kimerberg, citado por Wang y Faust 1990, Wang y Faust, citados por Faust et al. 1995b).

Los principales cambios ocurren cuando los requerimientos de frío son satisfechos: el ácido linoléico decrece, mientras que el ácido linolénico se incrementa, indicando un incremento en la actividad de la ácido linoléico desaturasa (Wang y Faust, citados por Faust et al., 1997). Estos cambios en la composición de la membrana, permiten un incremento en la permeabilidad de solutos y agua hacia el citoplasma (Yoshida, citado por Young et al. 1995, Wang y Faust, citados por Faust et al. 1997).

El uso de químicos para complementar el frío requerido, es únicamente efectivo cuando se ha acumulado la mayor parte del frío, habiéndose ya inducido, cambios en la membrana (Shaltout y Unrath 1983a, Nee, citado por Fuchigami y Nee 1987, Erez citado por Faust et al. 1997).

2.6. ROL DE LAS HORMONAS

Los niveles de las distintas hormonas cambian dramáticamente durante la dormición, con un decrecimiento en los inhibidores del crecimiento y un incremento en el nivel de promotores (Wood, citado por Young et al., 1995). Crabbé, citado por Faust et al. (1997), señala que la clásica teoría del control hormonal de la dormición, en donde el ácido abscísico (ABA) impone y las citoquininas (CKs) favorecen la salida de la dormición, ya no se encuentra vigente, pero bajo ciertas circunstancias las hormonas pueden jugar un rol en la dormición. Las aplicaciones de promotores del crecimiento, no siempre promueven la salida de la dormición de los órganos, por lo que existiría una influencia inhibitoria, que no podría ser levantada por estas sustancias (Powell, 1987).

2.6.1. Ácido abscísico (ABA)

El ABA es una hormona que se estima, se encuentra asociada con la dormición de los vegetales (Hendershott y Walker, Sarapuu, El-Mansy y Walker, citados por Saure 1985, Powell 1987).

Esta hormona ha sido estudiada como mediadora en la inducción del cese del crecimiento y la iniciación de la dormición de las yemas, favorecidos por los días cortos (Guak y Fuchigami, Welling et al., Koussa et al., citados por Arora et al., 2003). El ABA se ha reportado, también, como participante en los distintos procesos fisiológicos de aclimatación al frío, por lo tanto, el fotoperíodo corto, las bajas temperaturas, el estrés hídrico, la acumulación de ABA o las aplicaciones exógenas de ABA, favorecen la aclimatación de distintas especies vegetales (Guy, citado por Arora et al., 2003).

Desde el comienzo de la dormición, se registra un constante aumento en el contenido de ABA, siendo el contenido más alto en las yemas florales que en las vegetativas (Ramina et al., 1995). El máximo nivel de este inhibidor es alcanzado hacia finales del otoño, descendiendo luego de forma gradual, hasta alcanzar un mínimo en la brotación (Hendershott y Walter, Sarapuu, El-Mansy y Walker, citados por Saure 1985, Ramina et al. 1995). Para Powell (1987), este descenso es provocado por la acumulación de frío. Sin embargo, en ciertos estudios en los que se incluyen controles sometidos a altas temperaturas, también se registró un descenso en el contenido de ABA, aunque

sólo fue posible la superación de la etapa de dormición, cuando se los sometió a bajas temperaturas (Orlando y Dennis, Borkowska, citados por Powell, 1987). Saure (1985), señala que el descenso en el nivel de ABA comienza antes de iniciarse la exposición a bajas temperaturas. Con estos argumentos se concluye que el ABA desciende durante los meses de invierno, pero no es claro el papel de las bajas temperaturas en este descenso (Powell 1987, Ramina et al. 1995).

El descenso en el contenido de ABA en yemas de manzanos, ocurre principalmente en la región meristemática (ápice, primordios foliares y otros apéndices no expandidos). Sin embargo, el contenido de ABA en las escamas, permanece más o menos constante a través del invierno (Powell y Maybee, citados por Powell, 1987). Una posible difusión de ABA desde las escamas, puede estar ejerciendo cierta influencia inhibitoria (Powell, 1987).

Mutantes de abedul deficientes en ABA, manifiestan poca tolerancia a las bajas temperaturas, pero en condiciones de día corto, son capaces de entrar en dormición. Para Arora et al. (2003), estos resultados encontrados por Welling et al., Rinne et al., indican que el ABA se encuentra más directamente relacionado con el control del fotoperíodo sobre la aclimatación al frío, que con la inducción de la endodormición. Por otro lado, el nivel de ABA en caída de hojas, puede estar involucrado en la inducción de las dehidrinas (Jacobsen y Shaw, Mundy y Chua, citados por Faust et al., 1997) y en los cambios en la permeabilidad de las membranas (McAnish et al., citados por Faust et al., 1997).

2.6.2. Giberelinas (GAs)

Luego de la acumulación de frío, varios autores (Leike, Bachelard y Wightman, Podesva et al., citados por Saure, 1985) han observado un incremento de las GAs endógenas en las yemas. Las aplicaciones exógenas de GAs pueden compensar los requerimientos de frío de ciertos frutales y promover la brotación (Saure 1985, Walker y Donoho, citados por Powell 1987), únicamente luego de que cierta cantidad de frío ya ha sido acumulada (Leike, Paiva y Robitaille, citados por Saure, 1985), aunque son inefectivas en otros casos (Wainwright y Price, Walker y Donoho, citados por Powell, 1987). Erez et al., citados por Saure (1985), confirmaron que si bien la aplicación exógena de GA₃, no incrementó el nivel final de brotación en durazneros, sí adelantó la apertura de yemas. En ciertos casos, el adelantamiento de la apertura es, principalmente, de las yemas terminales, las cuales requieren una menor cantidad de frío, resultando en un incremento de la dominancia apical (Erez et al. 1979a, Walker y Donoho, citados por Saure 1985).

Vegis, citado por Saure (1985), puntualizó que las aplicaciones invernales de GAs, pueden llevar a un ensanchamiento del rango de temperaturas en las cuales las

yemas son receptivas y capaces de acumular frío. Aplicaciones en verano y otoño, generalmente retrasan la brotación y floración en la primavera siguiente, especialmente en durazneros, damascos, cerezos, frambuesas y vid; en cambio, el efecto en manzanos es nulo o muy pequeño. Al extender las GAs el período de crecimiento en otoño, se pospone la abscisión de las hojas, la acumulación de almidón y por lo tanto, el comienzo de la aclimatación al frío (Bowen y Derickson, Walter et al., citados por Saure, 1985). Powell (1987), cita a Ross y Bradbeer, quienes señalan que las cantidades de GAs en semillas, aumentan durante la acumulación de frío, sugiriendo éste afecta la biosíntesis de dichas hormonas.

2.6.3. Citoquininas (CKs)

Powell (1987), cita a Amling y Amling, quienes señalan una posible relación entre el frío y la aparición de las CKs. Los niveles de CKs se incrementan en el xilema de manzanos, en el momento previo a la brotación (Cutting et al., Tromp y Ovaa, citados por Faust et al., 1997).

Aplicaciones de CKs parecen tener un efecto estimulante sobre las yemas en dormición (Pieniasek, Young y Werner, citados por Powell, 1987). El papel de las CKs en la salida de la dormición, aparentemente comienza sólo después de que se ha acumulado frío previamente (Leike, Weimberger, Shaltout y Unrath, citados por Saure, 1985). El principal efecto de las CKs, aparentemente radica en acelerar el desarrollo de las yemas, que han salido parcialmente de la dormición (Saure, 1985).

Borkowska, citado por Saure (1985), Ramina et al. (1995), puntualizan que las CKs profundizan el efecto de las bajas temperaturas en la promoción del crecimiento, aunque no alteran la duración de la dormición. Además, las CKs pueden favorecer el desarrollo de yemas laterales, especialmente aquellas que se encuentren bajo influencia de la dominancia apical, promoviendo la diferenciación del xilema y la formación de las conexiones del sistema vascular del tallo principal (Sorokin y Thimann, Gregory y Veale, citados por Saure, 1985).

2.6.4. Auxinas

Según Powell (1987), Ramina et al. (1995), existe poca evidencia convincente acerca del papel de las auxinas en la regulación de la dormición. La actividad de las auxinas en las yemas decrece al comenzar la acumulación de frío y profundizarse la dormición (Eggert, Luckwill y Whyte, Wood, citados por Saure 1985, Ramina et al. 1995). Durante la acumulación de frío, el contenido de esta hormona permanece en niveles muy bajos, observándose un pico hacia el final de este período, registrándose luego, un nuevo descenso en el nivel de ácido indol acético (AIA) (Ramina et al., 1995).

Los tratamientos con auxinas exógenas, generalmente inhiben la brotación (Erez et al., Cheng, citados por Saure 1985, Pieniazek et al., Thiklin y Schwabe, citados por Faust et al. 1997). Eggert, citado por Saure (1985), concluyó que el rol de las auxinas es inhibidor y no estimulador de la brotación. El AIA es señalado como inhibidor de la desaturación de los lípidos que componen la membrana (Wang y Faust, citados por Faust et al., 1995b).

2.6.5. Etileno

La producción de etileno durante la dormición es muy baja (Kobayashi et al., Seibel y Fuchigami, citados por Fuchigami y Nee, 1987), detectándose en la etapa de dormición profunda, un incremento en el contenido de ácido 1-Amino-ciclopropano-1-carboxilo (ACC) en las yemas de vides, el cual, disminuye gradualmente a medida que el frío se acumula (Gemma, 1995b).

Thobe et al., citados por Gemma (1995b), sugieren que el etileno puede jugar un rol importante en la salida de la dormición, debido a que existe un incremento en la producción endógena de etileno, en paralelo a la brotación. Muchos trabajos indican que el etileno puede estimular la brotación, aunque su acción es efectiva luego de que se ha quebrado parcial o totalmente la dormición (Saure 1985, Wareing, Zimmerman et al., citados por Powell 1987, Gemma 1995b). Sin embargo, Paiva y Robitaille (1978), Zimmerman et al., citados por Fuchigami y Nee (1987), no encontraron evidencias de que el etileno esté involucrado en la ruptura de la dormición en manzanos, debido a que la concentración de etileno no difiere en las distintas secciones de los brotes, luego del corte de la yema apical, aunque este corte sí estimuló la brotación de las yemas superiores. Sin embargo, la aplicación de un inhibidor de la síntesis de etileno (aminoetoxivinilglicina, AVG), retrasó la brotación en arándanos (DeKazos, citado por Fuchigami y Nee, 1987). En otros casos, aplicaciones exógenas de Ethephon, favorecieron la salida de la dormición, aunque no resultó tan efectivo como otros agentes quebradores de la dormición (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Abbot, citado por Saure (1985), propone que las aplicaciones de etileno actúan promoviendo la senescencia de las escamas de las yemas, lo que permite que los primordios de las hojas verdaderas, se desarrollen.

Aplicaciones de Ethephon durante el otoño, favorecen el cese del crecimiento y la formación de la yema terminal en manzanos y otras especies (Lever, citado por Hauagge y Cummins, 1991a), retrasando la brotación en primavera en el género *Prunus* (Coston et al., Funt y Ferree, citados por Hauagge y Cummins, 1991a).

2.7. OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA ENDODORMICIÓN

2.7.1. Efecto de la luz

Coville, citado por Saure (1985), señala que la exposición de arándanos a diferentes intensidades de luz, no provocó ningún estímulo en la brotación. Sin embargo, Erez et al., citados por Westwood y Bjornstad (1978) afirman que la intensidad de luz por sí misma, incrementa el número de horas de frío requeridas para quebrar la dormición, aunque no descartan un efecto provocado a través de la temperatura.

2.7.2. Efecto de las precipitaciones

Westwood y Bjornstad (1978) reportaron un aumento del crecimiento luego de embeber en agua durante dos días, ramas en dormición de manzanos y perales, en condiciones de frío insuficiente para promover la brotación. Erez et al. (1980), cita a Vegis, Krasnosselskaya y Ritcher, quienes sugieren que en condiciones de inmersión en agua, las brindillas pueden brotar, siendo la tasa de brotación dependiente del tiempo de inmersión y de la temperatura del agua. Erez et al. (1980), marca que la brotación en dichas condiciones, está dada por las condiciones anaeróbicas, siendo los productos de la anaerobiosis (acetaldehído), los responsables de la brotación y no por un posible lavado de los inhibidores. En este sentido, Westwood y Bjornstad, citados por Erez et al. (1980), indican que la salida de la dormición se debe a un lavado de inhibidores de crecimiento presentes en las yemas por parte del agua, como por ejemplo el ABA. En condiciones de frío insuficiente, la brotación registrada fue menor en manzanos protegidos de la lluvia. Sin embargo, Erez et al., citados por Saure (1985), señala que el efecto en la reducción de los requerimientos de frío, se debe a una reducción de la temperatura, por efecto de la lluvia. Así, la aplicación de un riego en altura, permitiría un enfriamiento de las yemas y un lavado de inhibidores (Yuri 2002, Peereboom Voller y Yuri 2004).

2.7.3. Oxígeno

La respiración de brotes de manzanos mantenidos a una temperatura constante es baja durante la dormición y se incrementa rápidamente, alcanzando un pico en primavera. Esto puede ser un indicio de que el aumento en la respiración es una respuesta a la satisfacción de los requerimientos de frío (Butler y Landsberg, citados por Young et al., 1995). Sin embargo, Young et al. (1995) señalan que el mayor incremento en la respiración se registra en aquellas yemas y tejidos adyacentes a la misma, que han recibido el frío necesario y luego, son sometidos a altas temperaturas. En plantas que han recibido el frío suficiente como para permitir una brotación normal, existe una tasa de respiración más alta en las yemas e internodos cercanos al ápice, que en las basales,

debido probablemente, a la mayor profundidad de la dormición de las últimas (Young et al., 1995).

Tratamientos en donde se reduce la presión parcial del oxígeno en las yemas, resultan en un mayor porcentaje de brotación y un adelanto de la misma (Gemma, 1995b). Sin embargo, algunos autores indican que existe un retraso en la brotación (Deyton et al., Young y Blankenship, citados por Gemma, 1995b). Erez et al. (1980), señalan que el efecto de la exposición a bajas concentraciones de oxígeno, es dependiente de la duración del tratamiento. La reducción del nivel de oxígeno, actuaría como un compensador y no un disparador de la salida de la dormición, debido a que su efecto se desarrolla en la última etapa de la endodormición, luego de que se ha acumulado frío (Saure, 1985).

2.8. REQUERIMIENTOS DE FRÍO

Los requerimientos de frío son una característica generalmente utilizada para comparar las exigencias de frío de los genotipos, vinculándose los mismos al momento de finalización del período de dormición (Hauagge y Cummins, 1991b). Dichos requerimientos son expresados generalmente, como el número de horas bajo cierta temperatura, comúnmente 7,2°C (Chandler et al., Chandler y Tufts, Weimberger, citados por Shaltout y Unrath, 1983b) o como unidades de frío, correspondiendo a diferentes temperaturas durante el invierno (Erez y Lavee, Richardson et al., citados por Shaltout y Unrath, 1983b).

Los requerimientos de frío son dependientes del genotipo (Saure 1985, Parmentier et al. 1998) y están determinados por múltiples genes (Lesley, citado por Saure, 1985). La cantidad de frío requerido varía entre las distintas especies, entre cultivares (Saure 1985, Powell 1987, Couvillon 1995) y entre tipos de yemas (Saure 1985, Couvillon 1995). No todas las yemas alcanzan la misma profundidad de endodormición, difiriendo en el momento de finalización de la misma (Fuchigami y Nee 1987, Erez 1995). Normalmente, las yemas florales tienen un menor requerimiento de frío que las yemas vegetativas (Samish y Lavee, citados por Saure 1985, Scabarelli y Couvillon, citados por Couvillon 1995, Erez 1995, Naor et al. 2003, Tabuenca, citado por Gariglio et al. 2006). Sin embargo, Gariglio et al. (2006), proponen que las yemas vegetativas de durazneros, tendrían un menor requerimiento de frío que las florales. Las yemas florales terminales de manzanos, en la mayoría de los casos, son mixtas, las cuales tienen menores requerimientos de frío que las yemas vegetativas laterales (Samish y Lavee, citados por Naor et al., 2003), así, los manzanos que producen en yemas terminales pueden ser cultivados en regiones con ocurrencia de poco frío invernal (Edwards 1990, Janick, citados por Naor et al. 2003).

En lo que respecta a las yemas vegetativas, los requerimientos de las yemas terminales, son menores que los de las yemas laterales (Samish y Lavee, citados por Saure 1985, Couvillon 1995, Erez 1995, Faust et al. 1995a, Faust et al. 1997). Las yemas laterales a las cuales se les ha eliminado la yema terminal de la misma brindilla, requieren menos frío que aquellas con la yema terminal intacta (Scarabelli y Couvillon, citados por Faust et al. 1995a, Faust et al., Liu, Williams et al., citados por Faust et al. 1997). Las lamburdas (yemas mixtas), entran en dormición más tarde y brotan antes que las yemas terminales, debido a sus menores requerimientos (Latier y Robitaille, citados por Saure 1985, Erez 1995, Yuri 2002).

Exceptuando la yema terminal, la profundidad de la dormición de las yemas laterales de los brotes de manzanos, aumenta desde el ápice hacia la base de los mismos. Esto puede ocurrir debido a la influencia de la dominancia apical (Young et al., 1995), aunque podría estar explicado también por la edad de las yemas (Paiva y Robitaille, citados por Young et al., 1995).

Variedades con similares requerimientos, pueden comportarse de distinta manera frente a la acumulación de frío (Gariglio et al., 2006). La eficiencia de las temperaturas en levantar la dormición, difiere entre variedades. En los cultivares con menores exigencias de frío invernal, las temperaturas efectivas son más altas que para los cultivares con mayores exigencias de frío (Putti et al., 2003).

En algunas especies, las plantas jóvenes poseen una dormición más superficial que los clones adultos (Hinesley, citado por Hauagge y Cummins, 1991a). Las plantas jóvenes y los árboles que se encuentran en el período de juvenilidad, tienden a continuar su crecimiento durante la caída de hojas, sin llegar a formar la yema terminal (Hauagge y Cummins, 1991a). Los factores ambientales que aumentan el vigor y la duración del crecimiento, pueden al mismo tiempo, aumentar los requerimientos de frío (Saure, 1985). Un período extendido de crecimiento de los brotes, puede retrasar la brotación en la primavera siguiente, si el frío acumulado resulta insuficiente, mientras que, acortando el período de crecimiento, se reducen los requerimientos de frío (Saure, 1985). Las yemas de brotes vigorosos mantienen sus hojas hasta fines de otoño, requiriendo más frío que las yemas de brotes débiles (Chandler, citado por Couvillon 1995, Chandler y Tufts, citados por Faust et al. 1997, Frías 2006). Por otro lado, Frías (2006), señala que altas temperaturas en el final del verano y principios del otoño, aumentan el frío requerido para la salida de la dormición. Las yemas formadas en veranos muy calurosos y con baja humedad relativa, tendrán requerimientos de frío hasta un 50% superior que yemas no expuestas a dichas condiciones. En cambio, si las condiciones del verano son más frías, los requerimientos pueden registrar una reducción de entre un 20 y un 50% (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

La ubicación de las yemas dentro de las plantas también es importante, especialmente en los árboles tradicionales, con gran desarrollo de copa, en los cuales se observa una floración anticipada en la parte inferior de la planta (Yuri, 2002).

2.9. INCONVENIENTES GENERADOS POR UNA INADECUADA ACUMULACIÓN DE FRÍO

La dormición puede prolongarse debido a la exposición a temperaturas moderadas y la consecuente reducción en la acumulación de frío (Shaltout y Unrath 1983a, Erez y Lavee, Vegis, citados por Fuchigami y Nee 1987).

Debido a las diferencias en requerimientos de frío de los distintos tipos de yemas, los frutales de pepita son menos afectados que los frutales de carozo por la deficiencia de frío, produciendo yemas florales en zonas terminales y conjuntamente con yemas vegetativas, las cuales tienen un menor requerimiento de frío. En los *Prunus*, las yemas florales, son siempre laterales (Couvillon, 1995). A su vez, dichas yemas, son más sensibles a desarrollar anomalías, en casos de dormición prolongada, mientras que las yemas vegetativas, usualmente no son dañadas (Black, citado por Saure, 1985).

La inadecuada acumulación de frío, conlleva a diversos problemas que se resumen a continuación:

En el árbol:

- Brotación pobre y tardía de las yemas laterales, muchas yemas vegetativas no brotan o lo hacen tardíamente (Shaltout y Unrath 1983a, Nee, citado por Fuchigami y Nee 1987, Cannell, citado Battey 2000, Petri, citado por Mahhou et al. 2003, Peereboom Voller y Yuri 2004, Frías 2006).
- Alta brotación de yemas terminales, con mayor vigor y crecimiento final por sobre el resto de las yemas, lo que resulta en una mayor dominancia apical (Erez et al., citados por Saure 1985, Erez y Lavee, citados por Erez 1987, Petri, citado por Mahhou et al. 2003, Peereboom Voller y Yuri 2004, Frías 2006).
- Pocos spurs capaces de desarrollar yemas florales (Chandler et al., Hill y Cottingham, Black y Skinner, citados por Saure 1985, Peereboom Voller y Yuri 2004).
- Retraso y prolongación del período de floración (Shaltout y Unrath 1983a, Díaz et al. 1986, Erez 1987).
- Retraso en la entrada de producción del árbol (Yuri 2002, Peereboom Voller y Yuri 2004).
- Excesivo crecimiento vegetativo (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Apertura de yemas florales anticipada a la brotación vegetativa (Yuri 2002, Peereboom Voller y Yuri 2004).

- Excesivo uso de reservas, debido al excesivo período de brotación (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Poco desarrollo foliar con mayor daño de sol (Hill y Cottingham, Black, Skinner, citados por Saure 1985, Erez 1987, Peereboom Voller y Yuri 2004).
- Menor cuajado de frutos, resultando en menores rendimientos (Erez 1995, Peereboom Voller y Yuri 2004, Dennis, citado por Gariglio et al. 2006).
- Brotes más débiles (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Falta de coincidencia de las floraciones entre las variedades (Peereboom Voller y Yuri 2004, Frías 2006).
- Las flores más débiles caen antes de cuajar (Yuri, 2002), tienden a ser deformes y multiovuladas (Erez 1987, Peereboom Voller y Yuri 2004, Frías 2006).
- El polen es poco viable y menos desarrollado (Erez 1987, Peereboom Voller y Yuri 2004, Frías 2006).
- Reducción en el número de yemas florales que brotan (Shaltout y Unrath 1983a, Peereboom Voller y Yuri 2004).
- Crecimiento lento de las plantas (Kobayashi et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987).
- Competencia con otras fosas vegetativas y reproductivas (Erez, 1995).
- Caída de yemas en durazneros y damascos (Yuri 2002, Frías 2006).
- Rápido descenso en el vigor del crecimiento, registrándose una senescencia temprana (Hill y Cottingham, Black, Skinner, citados por Saure, 1985).
- Mayor daño de insectos favorecido por debilidad de las plantas (Erez, 1987).

En la fruta:

- Menor calibre (Shaltout y Unrath 1983a, Yuri 2002, Petri, citado por Mahhou et al. 2003, Peereboom Voller y Yuri 2004).
- Maduración irregular (Chandler y Tufts, citados por Saure 1985, Erez 1987, Peereboom Voller y Yuri 2004).
- Modificación del período de almacenamiento (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Pobre coloración, debido al menor contenido de carbohidratos (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Menor firmeza, posiblemente debido a una menor densidad celular en los tejidos en formación (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Russet pedicular, debido a menores niveles de GAs disponibles por una menor cantidad de hojas en los dardos (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Presencia de desórdenes durante el almacenamiento, como el “bitter pit” y el “lenticel spot” (Peereboom Voller y Yuri, 2004).
- Tamaño irregular, generando problemas en el raleo (Chandler et al., Hill y Nottingham, Black, Skinner, citados por Saure 1985, Díaz et al. 1986).

2.10. MANEJO DE LA DORMICIÓN

La característica clave de la endodormición, radica en que, para salir de la misma, es necesario acumular una cierta cantidad de frío y sólo parte de ese frío requerido puede ser sustituido por otros mecanismos (Faust et al., 1997).

La salida de la dormición, puede ocurrir abruptamente en cualquier etapa de la endodormición, por exposición de las yemas a un estrés subletal (Fuchigami y Nee 1987, Chandler et al., Sparks, Lloyd y Couvillon, citados por Couvillon 1995, Nee, Shirazi y Fuchigami, Wisniewski et al., citados por Fuchigami y Winsniewski 1997). Sin embargo, otros autores señalan que el nivel de estrés efectivo es dependiente de la etapa del desarrollo en que se encuentren las yemas, siendo únicamente efectivo durante la fase superficial de la endodormición, cuando el levantamiento de la endodormición ha alcanzado una etapa avanzada (Saure 1985, Fuchigami y Nee 1987, Nee, Shirazi y Fuchigami, Wisniewski et al., citados por Fuchigami y Winsniewski 1997).

El mencionado estrés subletal, puede ser promovido por manejos culturales, como son los tratamientos de calor, anoxia, aceites minerales y químicos compensadores de frío, generando la producción de etileno (Doorembos, Erez y Lavee, citados por Fuchigami y Nee, 1987). El estrés subletal, puede levantar la dormición por un incremento en la permeabilidad de la membrana (Doorembos, citado por Fuchigami y Nee, 1987), debido a perturbación o la pérdida de la integridad de la misma (Fuchigami y Nee 1987, Nee, Shirazi y Fuchigami, Winsniewski et al., citados por Fuchigami y Winsniewski 1997). El grado de estrés subletal está relacionado con la evolución del etileno (Harber y Fuchigami, Kobayashi et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987). Los tejidos expuestos al estrés, producen altos niveles de etileno, alcanzando un máximo antes de dañar la membrana. Luego de que éste ocurre, disminuye el nivel de etileno y aumenta la permeabilidad de las membranas. Se ha encontrado también, una correlación positiva entre la producción de etileno y el quiebre de la dormición, cuando se han utilizado algunos agentes compensadores de frío (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). El incremento en la producción de etileno debido al estrés subletal, puede deberse a la liberación o activación de la enzima formadora de etileno (EFE) o ACC-oxidasa, la cual se encuentra asociada a la membrana (Mayak et al., citado por Fuchigami y Nee, 1987).

Luego de recibir este estrés subletal, la brotación ocurre bastante rápido bajo condiciones de temperaturas cálidas controladas. En cambio, bajo condiciones de fluctuación térmica y estrés temprano, no se adelanta la brotación; aunque, si este estrés ocurre tardíamente, sí se registra un adelanto (Shirazi y Fuchigami, citados por Fuchigami y Winsniewski, 1997). La recuperación o reparación del tejido dañado, bajo condiciones de fluctuación térmica, puede provocar la anulación del efecto del estrés subletal, en las etapas tempranas de la endodormición (Fuchigami y Winsniewski, 1997).

2.10.1. Poda y arqueado de ramas

Las yemas laterales de brotes que reciben entre un tercio y la mitad de sus requerimientos de frío, previo a la eliminación de la yema terminal, manifiestan un aumento en la brotación (Faust et al., 1995b). Esta poda de la yema terminal es efectiva, especialmente cuando es realizada tardíamente, atenuando el efecto inhibitorio de dicha yema (Saure 1985, Yuri 2002). Sin embargo, las yemas superiores de los brotes, pueden reasumir la posición terminal, ejerciendo de todas formas, una dominancia apical sobre las yemas inferiores, que permanecen en dormición (Faust et al., 1995b).

El arqueado de ramas durante o después de febrero (HN), puede incrementar también la brotación de las yemas laterales; sin embargo, si se realiza con anterioridad a dicho momento, las yemas terminales pueden ejercer dominancia apical sobre las laterales, indicando el rol de este proceso, como un mecanismo secundario de la endodormición (Crabbé, citado por Faust et al. 1995a, Edwards y Notodimedjo, citados por Subhadrabandhu 1995b). A su vez, el anillado por encima de las yemas laterales, puede provocar brotación, únicamente con la acumulación de unas pocas unidades de frío, debido aparentemente, a la eliminación de la inhibición determinada por la dominancia apical (Paiva y Robitaille, citados por Faust et al., 1995b).

El momento de la poda influye sobre la brotación, con podas tempranas, es difícil obtener una buena brotación lateral, debido a la dominancia de las yemas cercanas al corte de poda (Erez, 1995). Las yemas laterales, pueden aumentar su brotación, si las ramas son arqueadas, una práctica común, en lugares con insuficiente frío invernal (Faust et al., 1997). La fuerte dominancia apical en manzanos, adicionada a los bajos requerimientos de frío de las yemas terminales, tienden a enmascarar el frío recibido por las yemas laterales.

2.10.2. Métodos químicos

La efectividad de varios compuestos en sustituir el frío requerido por distintos cultivos, ha sido evaluada por diversos autores (Shaltout y Unrath 1983a, Nee, citado por Fuchigami y Nee 1987). Numerosos productos químicos pueden ser utilizados para superar la endodormición (Doorembos, Hosoki et al., citados por Fuchigami y Nee 1987, Arora et al. 2003), aunque sólo algunos son aplicados como tratamientos a campo (Erez, 1987). En este sentido, los productos comúnmente utilizados son los aceites minerales, los dinitro-orto-cresol (DNOC), en combinaciones con aceites, el nitrato de potasio (KNO_3), la tiourea, la cianamida hidrogenada (H_2CN_2) y algunos reguladores del crecimiento, como el ácido giberélico y las citoquininas (Erez, 1987).

No existe ningún producto químico, que sea capaz de quebrar la dormición de las yemas, ante la ausencia total de frío, incluso en aquellos cultivares con bajos requerimientos (Erez, 1987).

Las aplicaciones comerciales de los productos compensadores de frío, han registrado problemas, los cuales permanecen aún sin resolver, debido a que su eficacia y fitotoxicidad, dependen de la etapa y profundidad de la dormición (Erez 1987, Erez et al., Siller-Cepeda et al., Word, citados por Arora et al. 2003). Los productos químicos compensadores de frío, poseen su la habilidad de romper la dormición cuando son utilizados a determinadas concentraciones (Black, citado por Saure 1985, Erez 1987).

La exposición a un estrés subletal durante la fase más profunda de la endodormición, puede promover la brotación, pero igualmente son necesarias bajas temperaturas (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987).

2.10.2.1. Respuesta de las plantas

Generalmente, la efectividad de los productos químicos, es dependiente de la dosis y del momento de aplicación, es decir del estado de dormición de las yemas (Erez, 1987). Las dosis más altas y los tratamientos tardíos (etapas más avanzadas del desarrollo), son los que obtienen mayores efectos (Erez y Lavee, citados por Erez, 1987). La mayoría de los compensadores de frío, incrementan el riesgo de fitotoxicidad, en la medida en que aumenta la concentración utilizada (Gemma, 1995a). Los químicos pueden provocar, también, un efecto sobre el momento de brotación. Es necesario no aplicarlos demasiado temprano durante el período de acumulación de frío, de lo contrario, se obtendrá resultados insatisfactorios (Subhadrabandhu, 1995a).

Las aplicaciones tempranas, durante la fase s-endodormición, manifiestan una acción como de “forzadores”, causando un adelantamiento en la brotación, sin modificar la irregularidad de la misma. En cambio, las aplicaciones tardías durante esta fase, tienen muy poco efecto como “forzadores”, siendo su principal efecto de “normalizadores”, es decir, tienden a acortar el período principal de floración, reduciendo el tiempo entre la foliación y la floración, así como el número de yemas que permanecen en dormición (Samish, Erez et al., citados por Saure, 1985). La diferencia entre el efecto de forzamiento y el normalizador, puede ser debido a un leve daño provocado en la yema terminal, causando una reducción en la dominancia apical (Paiva y Robitaille, citados por Saure, 1985). El uso de productos compensadores, puede prevenir la dominancia apical, permitiendo que un mayor número de yemas laterales broten (Erez, 1987). Las aplicaciones luego del fin de la dormición, pueden llevar a un retraso en el desarrollo (Black, citado por Saure, 1985).

En general, los órganos más sensibles a los químicos, son las yemas florales. Las especies de frutales de carozo, poseen una única flor por yema, siendo más sensibles que las yemas de manzanos, vides y kiwis (Erez, 1987). Favorecen a su vez, la coincidencia de floraciones en situaciones de polinización cruzada de dos cultivares con diferentes requerimientos de frío, adelantando la floración de la más atrasada (Erez 1987, Erez 1995), incrementando el rendimiento, debido principalmente, a un aumento en el cuajado (North, citado por Petri y Stuker, 1995).

2.10.2.2. Aceites

Dentro de los productos utilizados, los aceites minerales han sido el grupo de químicos más antiguamente empleados en forma comercial, en especial los altamente refinados y en el pasado, en combinaciones con DNOC (Erez 1987, Erez 1995). Los aceites minerales, han adquirido una amplia reputación, como promotores de la brotación (Saure, 1985). El uso de aceites y DNOC ha sido señalado por su efecto en acortar el período de floración (Díaz et al., 1986). Erez y Zur, citados por Saure (1985), reportan que en manzanos, el efecto en la brotación de las yemas laterales se debe principalmente, al efecto de los aceites minerales, más que al efecto del DNOC.

La temperatura durante y luego del tratamiento, posee un gran efecto en la actividad de los aceites, debido a que las altas temperaturas, estimulan una mayor respiración de las yemas, provocando un agotamiento más rápido del oxígeno en los órganos cubiertos con aceite. Así se aceleran las condiciones de anaerobiosis en la misma, registrándose un mayor efecto del producto (Erez 1979b, Yuri 2002). Los mejores resultados, se obtienen en aplicaciones con temperaturas superiores a 12°C, con un óptimo de 24°C. Con temperaturas inferiores a 12°C, la efectividad es casi nula (Yuri, 2002), evitándose realizar aplicaciones por debajo de los 10°C (Petri y Pasqual, citados por Petri, 1997). No se conoce aún la causa de la disminución de la efectividad provocada por las bajas temperaturas, aunque se sospecha que se debe a una disminución en la tasa respiratoria de las yemas (Petri, 1997). Dados estos argumentos, Erez (1979b), señala que la adaptabilidad de este producto es muy buena en especies en climas cálidos, debido a la mayor brotación encontrada con altas temperaturas, siendo muy poco activo en climas frescos.

Las condiciones de anaerobiosis, pueden sustituir el frío requerido para romper la dormición, a través de una modificación en la permeabilidad de las membranas (Barthe y Bulard, citados por Powell 1987, Erez et al., citados por Erez 1995), debido probablemente, a una acumulación de etanol (Erez et al., citados por Erez, 1995) y acetaldehído (Samish, citado por Erez, 1987). Erez et al., citados por Saure (1985), señalan que la rapidez en la salida de la dormición, es proporcional al grado de reducción del nivel de oxígeno y a la duración de la exposición a las bajas concentraciones de dicho elemento. La reducción en la permeabilidad al oxígeno a

través de la capa de aceite, reduce gradualmente el nivel del mismo, indicando que la respiración es elevada en los tejidos en dormición (Erez, 1987). La permeabilidad al oxígeno, depende del grosor de la capa de aceite y también, de su degradación en el tiempo. A campo, usualmente, la capa de aceite permanece durante 10 a 14 días (Erez, 1987).

Samish, citado por Saure (1985), menciona que es dificultoso encontrar el momento más efectivo para la aplicación de aceites, debido a la gran variación en la respuesta. Las aplicaciones de aceites, son conocidas como aceleradoras de la salida de la dormición, fundamentalmente en la última etapa de la endodormición. A su vez, Erez (1979b), señala que la variación entre años del efecto de las aplicaciones de mezclas de aceites y DNOC, es debida a variaciones en la acumulación de frío, por esto, el mejor efecto es obtenido con los tratamientos aplicados cerca de la apertura de las yemas. El efecto depende entonces, del estado de desarrollo de la yema; con las yemas florales alcanzando un estado crítico previamente a las yemas vegetativas, resultando en una respuesta más efectiva en las primeras. Si la aplicación es realizada en la fase profunda de la endodormición, no se registra ningún efecto (Black, citado por Saure, 1985).

Al ser las yemas de flores individuales los órganos más sensibles, son a su vez, las más perjudicadas en casos de fitotoxicidad moderada. Las especies de frutales de carozo, son las más propensas a este tipo de daño, registrándose mayores reducciones en el rendimiento. Los frutales de pepita son menos sensibles, resistiendo incluso concentraciones mayores al 6% de aceite (Erez, 1987).

La fitotoxicidad se registra cuando las concentraciones aplicadas son altas, manifestándose mediante un “dieback” en las brindillas o en casos severos, toda la rama o el árbol completo, provocada por un proceso fermentativo, resultado de la larga exposición a condiciones de anaerobiosis. En condiciones normales, el daño provocado por el aceite sólo ocurre cuando las temperaturas son extremadamente altas durante el período de efectividad, cuando se registran condiciones de anaerobiosis en las raíces, los árboles son muy débiles o luego de un anillado (Erez, 1987).

La ventaja frente a otros compensadores, es que su aplicación puede extenderse hasta el momento de yema hinchada (Erez, 1995), momento en el cual, el riesgo de fitotoxicidad de productos como la cianamida se incrementa (Yuri, 2002).

Además, los aceites pueden tener efecto insecticida, lo que los convierte en una estrategia muy importante en ciertas condiciones (Erez 1987, Erez 1995). Sin embargo, la remoción del mercado de los DNOC, ha significado un cambio en el uso de los compensadores, siendo sustituido por la cianamida hidrogenada (Petri y Stuker, 1995), la cual tiene un efecto más consistente que los aceites minerales (Yuri, 2002).

2.10.2.3. Cianamida hidrogenada

La cianamida es uno de los más efectivos agentes para la ruptura de la dormición (Erez 1987, Bracho et al., Shulman et al., citados por Fuchigami y Nee 1987, Lin y Lin, Snir, citados por Erez 1995).

La cianamida hidrogenada ha sido señalada como más efectiva que la cianamida cálcica, debido quizá a que la cianamida cálcica es hidrolizada, liberando cianamida hidrogenada, siendo ésta la forma activa en los tejidos de las plantas (Shulman et al., citados por Subhadrabandhu, 1995a). Shulman et al., citados por Fuchigami y Nee (1987), sugieren que los iones de cianamida son la forma activa de la cianamida.

Modo de acción

En cebada, Amberger, citado por Fuchigami y Nee (1987), señala la vinculación de la cianamida hidrogenada con el metabolismo del N y la síntesis de proteínas. Además mencionó, que el contenido de arginina en las plantas tratadas, se incrementa debido a una síntesis directa de cianamida vía guanidina. En soja, se ha reportado que la cianamida es metabolizada gracias a la acción de cianamidases (Hoffman y Latzko, citados por Fuchigami y Nee, 1987). Los mismos autores, trabajando con cebada y maíz, realizaron aplicaciones de cianamida marcada con C¹⁴, detectándose la presencia de dióxido de carbono marcado. También registraron la presencia de altas concentraciones de alanina, triptofano, leucina, fenilalanina y valina, en plantas que eran fertilizadas con cianamida cálcica como fuente de N (Hoffman y Latzko, citados por Fuchigami y Nee, 1987). En algodón, Miller y Hall, citados por Fuchigami y Nee (1987), reportaron que en aplicaciones de cianamida a dosis subletales, ésta era rápidamente destruida, formando distintos complejos. En las hojas, el primer producto del metabolismo de la cianamida es la urea y la alanina. Luego de 8 horas de la aplicación, no se registraron residuos de cianamida, habiendo sido metabolizada en el crecimiento.

Se ha reportado que la cianamida provoca un descenso en la actividad de las catalasas (Nir et al. 1986, Amberger, Amberger y Wunsch, Nee, citados por Fuchigami y Nee 1987). Nir et al. (1986) relacionó esta reducción, con la ruptura de la dormición observada en yemas de vid y un consecuente aumento en el porcentaje de brotación. Estos mismos autores reportan que la actividad de las catalasas en las yemas de vid, se incrementa marcadamente en otoño y decrece con el descenso de las temperaturas, alcanzando un nivel mínimo, cuando las yemas están prontas para brotar. También se ha demostrado un descenso en la actividad de dichas enzimas mediante la utilización de otros compensadores de frío (Guthrie, citado por Fuchigami y Nee, 1987). La inhibición de las catalasas por la cianamida, es un proceso específico y reversible; la cianamida reacciona con el Fe de la catalasa, promoviendo la respiración mitocondrial (Amberger, citado por Fuchigami y Nee, 1987). El descenso en la actividad de las catalasas, se

estima, lleva a un incremento en el contenido de peróxido de hidrógeno en las yemas, el cual sería responsable de la activación de la vía de las pentosas fosfatos, resultando en un incremento en la producción de nucleótidos, esenciales para intensificar el metabolismo, llevando al fin de la dormición y a una rápida brotación (Nir et al., 1986).

Shulman et al., citados por Subhadrabandhu (1995a) sugirieron que la cianamida hidrogenada puede estar involucrada en un proceso oxidativo, el cual es prerrequisito para la brotación. Amberger, citado por Fuchigami y Nee (1987), sugiere que el incremento en el nivel de peróxido de hidrogeno, provocado por la inhibición de las catalasas, lleva a un aumento de glutatión (GSH), el cual se estima, estimula la ruptura de la dormición (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). El aumento del nivel de glutatión se sugiere está involucrado, con un aumento abrupto en los niveles de arginina, en plantas tratadas con cianamida, vía reacción con la molécula de cisteína encontrada en la glutatión. La relación GSH:GSSG (forma oxidada de la glutatión), cambia durante la dormición (Esterbauer y Grill, Guy et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987), siendo baja durante la dormición e incrementándose luego del quiebre de la misma (Guy y Carter, Guy et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987).

Levitt, citado por Fuchigami y Nee (1987) sugiere que el mecanismo que genera el daño por estrés, está relacionado a los grupos tiol de las proteínas. Los tioles son los más exitosos protectores del estrés. El estrés induce un incremento en la permeabilidad de las células, resultado de una pérdida de SH de la membrana. La pérdida de SH de la membrana, es debido a la oxidación de SH a grupos SS. Los grupos SS inducen la agregación de las proteínas de la membrana y reparan el daño inducido por el estrés en dicha estructura. Aplicaciones de cianamida hidrogenada en perales, son señaladas por estar involucradas en la conjugación de los grupos tioles (Fuchigami y Nee, 1987).

La cianamida hidrogenada, aplicada a dosis subletales, resulta en un incremento en el flujo electrolítico favoreciendo la brotación. Otros agentes quebradores de la dormición poseen el mismo efecto dentro de las dosis mencionadas (Hosoki, Kobayashi et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987). Luego de tres días de la aplicación de cianamida hidrogenada, el contenido de ABA en las yemas terminales y laterales se redujo en un 50% en comparación con plantas no tratadas (Subhadrabandhu, 1995a).

Momento de aplicación de la cianamida

Para la utilización de la cianamida hidrogenada y favorecer la finalización de la dormición, es clave el determinar el momento de aplicación que logra una respuesta adecuada (Haseb y Elezaby, 1995). Esto es importante debido a diferencias en la brotación, registradas a lo largo de todo el período de la dormición (Subhadrabandhu, 1995b). La concentración más efectiva de la cianamida hidrogenada para quebrar la

endodormición, varía con el momento de aplicación y el genotipo tratado (Luvisi, Nee, Williams y Smith, citados por Fuchigami y Nee, 1987).

Resultados contradictorios han sido obtenidos en distintos años y lugares, con similares especies e incluso cultivares. La principal causa radica en el nivel de endodormición de las yemas. La resistencia al químico, declina rápidamente en la salida de la endodormición (Erez, 1995).

Antes del comienzo de la endodormición, durante la paradormición, la cianamida hidrogenada no promueve la brotación y es fitotóxica a concentraciones mayores a 1M. (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Al comienzo de la endodormición, la cianamida hidrogenada es capaz de promover la brotación de manzanos, siendo más eficiente a medida que aumenta la concentración utilizada (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987), aunque estas aplicaciones demasiado tempranas, no compensan más del 30% de los requerimientos de frío, por lo que no alcanzan el efecto deseado (Erez, 1995). Durante la fase d-endodormición, a medida que la profundidad de la dormición se incrementa, se requieren mayores concentraciones para quebrar la dormición (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Si bien, en esta etapa el efecto de la cianamida hidrogenada es limitado, de todas formas es capaz de inducir la brotación de las yemas (Subhadrabandhu, 1995a). Las aplicaciones tempranas de cianamida permiten minimizar posibles efectos fitotóxicos (Erez, 1995). Ya en la s-endodormición, cuando se ha acumulado frío, las concentraciones necesarias para la brotación, decrecen a medida que avanza dicha etapa (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Por lo tanto, para evitar daños a las yemas florales, es esencial evitar la realización de aplicaciones tardías. Se recomiendan entonces, aplicaciones hasta no más de 30 días antes de la fecha estimada de brotación (Erez, 1995), cuando las yemas están saliendo de la dormición (Subhadrabandhu, 1995a).

Durante la ecodormición, la cianamida no es efectiva en promover la brotación, inhibiendo el crecimiento de las yemas o dañando severamente las yemas y los brotes (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Aplicaciones de cianamida hidrogenada realizada una semana antes del momento normal de brotación de la vid, poseen un marcado efecto de retraso en la brotación (Jensen y Bettiger, citados por Fuchigami y Nee, 1987).

Según Nee, citado por Fuchigami y Nee (1987), el largo de brotes alcanzado luego de una aplicación con cianamida hidrogenada, es dependiente del estado fisiológico de la planta. Desde el comienzo de la endodormición, hasta precisamente antes de alcanzar la máxima profundidad de la misma, las aplicaciones resultan en una elongación de brotes cortos y de tipo spur, con internodos cortos. Las aplicaciones realizadas durante la s-endodormición y la primer parte de la ecodormición, generan un mayor largo de los brotes que las aplicaciones más tempranas, pero similar al control sin tratar (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Es por esto, que Nee, citado por

Fuchigami y Nee (1987) señala que la cianamida hidrogenada, aunque estimula la brotación, no puede generar un aumento en el largo de brotes.

Concentración

El requerimiento de diferentes concentraciones de cianamida hidrogenada para quebrar la dormición, en diferentes estados de las yemas, es función directa de la resistencia de las plantas al estrés subletal. Las mayores concentraciones son requeridas cuando las plantas se encuentran en un estado de dormición profunda, resultando muy resistentes al estrés (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987). Se ha señalado que la concentración de 1.0% de cianamida hidrogenada promueve la brotación de manzanos, siendo máxima la misma con porcentajes de 2.5% del producto. A concentraciones de 10% se ha registrado muerte de brotes (Subhadrabandhu, 1995a).

La combinación de aceites y cianamida hidrogenada es efectiva en quebrar la dormición en las yemas de manzanos (Petri et al., citados por Erez, 1995). Dicha combinación es más efectiva y menos tóxica que la mezcla de DNOC y aceite. El uso de la mezcla, ha sido señalado por mejorar del efecto de la cianamida, permitiendo la aplicación de menores concentraciones, reduciendo el riesgo de fitotoxicidad de la cianamida (Petri y Stuker, 1995). Sin embargo, con concentraciones superiores a 4% de aceite mineral y 2% de cianamida hidrogenada, se ha inducido fitotoxicidad en el cv. 'Gala' (Petri y Stuker, 1995). La cianamida hidrogenada en durazneros y ciruelos puede provocar importantes daños, especialmente en yemas florales y brotes jóvenes, bajo determinadas condiciones climáticas, llegando a ser mayor el daño en climas fríos (Erez, 1987). En cambio, la efectividad de la aplicación de cianamida hidrogenada más aceite mineral en el cultivar de manzanos 'Gala', no disminuyó por la ocurrencia de temperaturas de 4°C tanto antes como después del tratamiento, al ser comparadas con temperaturas de 25°C (Petri, 1997). Las combinaciones con otros compensadores, no suelen ser efectivas, por lo que se recomienda una única aplicación de cianamida (Erez, 1987).

Efecto de la cianamida

El principal efecto de la cianamida se registra sobre las yemas vegetativas, mientras que en las yemas florales de especies con yemas protegidas, como las vides y kiwis, presenta es menor la respuesta. En pomáceas, provoca un aumento en la brotación vegetativa, lo que podría estar explicado por un posible daño de la parte reproductiva en yemas mixtas, brotando como yemas vegetativas, llevando en ocasiones, a disminuir el rendimiento. Por lo tanto, en especies resistentes, la cianamida posee un excelente efecto, mientras que en especies más susceptibles, un mayor riesgo se presenta por dichas

aplicaciones, debiéndose tener en cuenta la reducción de la concentración y posibles combinaciones con otros químicos (Erez, 1995).

El realizar la aplicación de cianamida en el momento adecuado, mejora la brotación, adelanta la madurez de la fruta y compensa la falta de frío (Erez, 1987), promoviendo a su vez, una rápida y uniforme apertura de yemas (Shulman et al., citados por Saure, 1985).

En frambuesa, la cianamida incrementó el rendimiento y adelantó la cosecha, cuando la aplicación se realizó hacia fines de la dormición. A su vez, se señala que la cianamida, es capaz de actuar en etapas más tempranas de la dormición que otros compuestos compensadores (Snir, citado por Saure, 1985). Las aplicaciones tempranas en manzanos, registran un menor porcentaje de cuajado, resultando en un menor rendimiento por planta. Aplicaciones realizadas a plantas en una etapa de dormición avanzada, registran una menor reducción del porcentaje de cuajado (Haseb y Elezaby, 1995). Lin et al., citados por Fuchigami y Nee (1987), reportaron que la aplicación de cianamida hidrogenada en vid, aumentó el rendimiento, los sólidos solubles totales y la acidez titulable. Sin embargo, Bepete y Jackson (1995), señalan que el efecto de la cianamida hidrogenada sobre el rendimiento, depende de los cultivares de manzanos tratados, no encontrándose diferencias con los testigos sin aplicación en algunos casos, mientras que en otros, el efecto es muy marcado. La cianamida hidrogenada provocó un aumento de la brotación de las yemas florales de manzanos, avance en la brotación, mayor brotación de las yemas terminales y largo de brotes aplicada a una concentración de 5% (26cm), comparado con cianamida hidrogenada a 1% + aceite mineral a 4.0% (22cm), registrándose un mayor crecimiento vegetativo y de frutos, debido a una brotación anticipada. También se registró un mayor rendimiento, dado el aumento en el número, calidad y peso de frutos y a la mayor brotación (Mahhou et al., 2003).

Efecto sobre las yemas reproductivas

Tratamientos tempranos de cianamida hidrogenada, resultan en un avance de la floración y de la madurez de frutos en manzanos. Tratamientos más avanzados durante la dormición, resultan en un menor efecto de adelantamiento en la floración y la madurez de frutos (Petri y Stuker 1995, Haseb y Elezaby 1995, Nicolas y Bonnet, Snir y Erez, George y Nissen, citados por Erez 1995). Sin embargo, el adelantamiento de la floración puede llevar a situaciones desfavorables de polinización y fertilización (Haseb y Elezaby, 1995), aunque sí es una práctica aplicada con el objetivo de aumentar la floración y la sincronización entre las floraciones de los cultivares (Erez, 1987).

En ciruelos, luego de 2 años de aplicaciones de cianamida con aceite, se registró una mayor intensidad de floración, alcanzando el doble que la registrada por los testigos

sin aplicación (Camelatto et al., 2002). El mismo efecto fue detectado en manzanos del cv. 'Gala' con aplicaciones de cianamida hidrogenada (Petri y Stuker, 1995).

Efecto sobre las yemas vegetativas

El uso de cianamida hidrogenada favorece la brotación vegetativa (Camelatto et al., 2002). En combinaciones con aceites, también se incrementa la brotación de las yemas laterales y terminales del cv. 'Gala'. A su vez, estas combinaciones, provocan un aumento en el área foliar de manzanos del cv. 'Gala', aunque esto no se tradujo en un aumento en el peso de frutos (Petri y Stuker, 1995).

Las aplicaciones de cianamida pueden provocar competencia entre el desarrollo vegetativo y reproductivo, especialmente bajo condiciones en las que ocurre un adelantamiento de la foliación, registrándose efectos negativos sobre el cuajado de frutos, por una mayor competencia entre fosas. Un claro efecto de adelantamiento de la foliación sobre la floración, se observa con aplicaciones de altas concentraciones de cianamida en frutales de carozo (Erez, 1995).

El efecto de la cianamida hidrogenada sobre la brotación de las yemas de manzanos, es especialmente marcado sobre la parte media y basal de las brindillas, lugar donde se registran los mayores porcentajes de brotación. El crecimiento de los nuevos brotes en estos sectores, es mayor cuando se aplican concentraciones de 2.5% a 5.0%, comparado con las plantas sin aplicación (Subhadrabandhu, 1995a). Sin embargo, la cianamida tiene poca influencia sobre el largo de los brotes (Fuchigami y Nee, 1987).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIAL VEGETAL Y TRATAMIENTOS APLICADOS

El ensayo fue realizado en el predio comercial de la familia García, ubicado en Ruta N° 5, Km. 37.500, Camino al Gigante, en la zona de Juanicó, Canelones (LS 34°36'; LW 56°14'). Se trabajo con manzanos (*Malus domestica* Borkh) del cultivar Royal Gala, sobre el portainjerto Malling 7 (M7), en alta densidad (4.5 x 2.0 m), los cuales fueron implantados en el año 1999. El trabajo fue realizado durante el año 2005.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de 3 productos compensadores de frío:

- aceite mineral parafínico (3.0%) (Frutelf I)
- aceite mineral parafínico refinado (2.0%) (Elf P-C Spray oil 15 E)
- cianamida hidrogenada (1.25%) (Dormex®, 2.5%) más un coadyuvante no iónico a 50cc/100lt.

Los tratamientos fueron aplicados hasta punto de goteo, con un gasto aproximado de 700lt/ha.

Tabla 1. Especificaciones de los aceites

	aceite mineral parafínico	aceite mineral parafínico refinado
% peso	99	99
% volumen	85	85
Viscosidad a 37.8°C	98-110 SUS	95-100 SUS
Residuos no sulfonables	No menor de 92%	99%
Destilación punto medio 50% (°C)	210	235
Rango destilación 10%-90% (°C)	80	44
Número de Carbonos		25

Fuente¹

Los tres productos fueron aplicados en tres momentos comprendidos dentro del período de endormición de las plantas (02/08/2005, 03/09/2005 y 20/09/2005), habiendo sido determinados en base a las unidades de frío acumuladas (Modelo Utah, Richardson et al., 1974).

El manejo de las plantas del ensayo se desarrolló en la forma comercial que se efectúa normalmente, exceptuando la aplicación de productos que pudieran interferir con los tratamientos, como lo es la aplicación de aceite como insecticida durante el mes de agosto.

¹ Kopelman, P. 2007. Com. personal.

3.2. VARIABLES EVALUADAS

Los efectos de los diferentes tratamientos fueron evaluados a través de distintas variables en campo.

3.2.1. Brotación

Se realizó el seguimiento de la brotación en el campo, durante 6 evaluaciones desde el inicio de la brotación (mediados de setiembre) hasta el momento donde no se registró aumentos en la misma (principios de noviembre). Las mismas fueron 20/09; 26/09; 03/10; 13/10; 24/10 y 08/11. En dichas evaluaciones, se clasificaron las yemas por tipo (vegetativa o reproductiva), por su posición en la madera (lateral o apical). Se registró la edad de las ramas en las cuales estaban ubicadas las yemas, clasificándolas en dos grupos, ramas de un año (brindillas) y el resto de las ramas.

En base a los datos obtenidos, se estimó:

- los porcentajes de brotación totales por tratamiento [(número de yemas brotadas/número de yemas totales)*100].
- el porcentaje de brotación por posición de las yemas (terminales y laterales). Para éste calculo, se establecieron tres grupos, el primero que incluía la yema apical, un segundo grupo el cual contó con la primera, segunda y tercera yema comenzando desde el ápice de las brindillas, y un tercer grupo que incluía a la cuarta, quinta y sexta yema, comenzando a contar desde el ápice.
- el porcentaje de brotación por edad de la madera. Para éste calculo se consideró por un lado las yemas ubicadas en las ramas de un año de edad (brindillas) y por otro lado, el resto de edades que poseía la rama seleccionada.
- la tasa de brotación, calculada como porcentaje de brotación/día entre las fechas de evaluación.
- se estimó la concentración de la brotación entre los tipos de yemas (vegetativas y reproductivas), calculándose la proporción de yemas brotadas en dos fechas de evaluación, en función del total de brotación alcanzado por cada tipo.

3.2.2. Tamaño de frutos y largo de brotes

Se realizó una evaluación del diámetro ecuatorial (calibre digital Starret 727) de las frutas de los distintos tratamientos, en la fecha 08/11/05, previo a la realización del raleo de frutos.

Previamente a la realización de la poda en verde (16/12/05), se evaluó el largo de los nuevos brotes presentes en las ramas seleccionadas para cada tratamiento. De este modo, se determinó el posible efecto de los tratamientos sobre el largo de los nuevos brotes.

3.2.3. Cosecha

A partir de fines de enero de 2006, se realizaron muestreos de frutos con el fin de determinar el momento óptimo de cosecha para cada tratamiento. Se cosecharon todas las frutas de las 3 unidades experimentales que integraban cada tratamiento. Se cosechó el total de frutas por árbol, muestreándose aleatoriamente 20 frutas en cada uno de ellos. Al total de frutas de cada tratamiento (120), se les determinó el peso individual (balanza Ohaus LS 2000), el porcentaje de superficie cubierta con sobrecolor rojo (escala visual, 0-100% de la superficie cubierta), la presión de pulpa (penetrómetro Mc Cormick FT327, puntero 11mm, con tres medidas por fruto en la zona ecuatorial), los sólidos solubles totales (refractómetro Atago ATC-1E) y test de yodo (figura 8, anexos).

3.2.4. Estimación de las unidades de frío

Se determinó el frío acumulado mediante el modelo de Utah (Richardson et al., 1974), estableciendo el frío requerido por esta variedad para superar la endodormición. Para el registro del frío ocurrido en dicho período, se estableció la entrada en endodormición. El comienzo del mismo fue establecido cuando aproximadamente el 50% de las hojas habían caído. Se estimó además, el momento de salida de la misma, colectándose brindillas cada 10 días, las cuales fueron colocadas en cámara de forzadura ($22^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$.), para evaluar el porcentaje de brotación. La finalización de la endodormición fue establecida en la fecha de extracción de brindillas, las cuales alcanzaron el 50% de brotación de las yemas (Dennis, 2003b). Estos datos permitieron la estimación de las Unidades de Frío (UF) necesarios para la salida de la endodormición, así como las UF acumuladas en los momentos de aplicación de los productos compensadores.

Para la obtención de los datos de temperaturas, se colocaron sensores (Hobo Onset Computer Corporation, H08-003-02) ubicados sobre las plantas a una altura de 1.5 m, protegidos de la radiación solar directa y de las precipitaciones. El intervalo entre

los registros fue de 1 hora. Se complementó ésta información con los datos de la estación meteorológica del INIA Las Brujas.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El ensayo fue diseñado en bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones y 2 árboles por repetición, constituyendo éstos la unidad experimental. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 3 productos compensadores de frío. Las mismas fueron realizadas en 3 momentos diferentes, más un testigo sin aplicación. De cada árbol, se seleccionó una rama representativa, de similares dimensiones y vigor en todos los árboles, sobre la cual se efectuaron las evaluaciones de brotación.

El diseño de los tratamientos consistió en un arreglo factorial de 3 por 3 (tratamiento por momento), cada uno con 3 niveles.

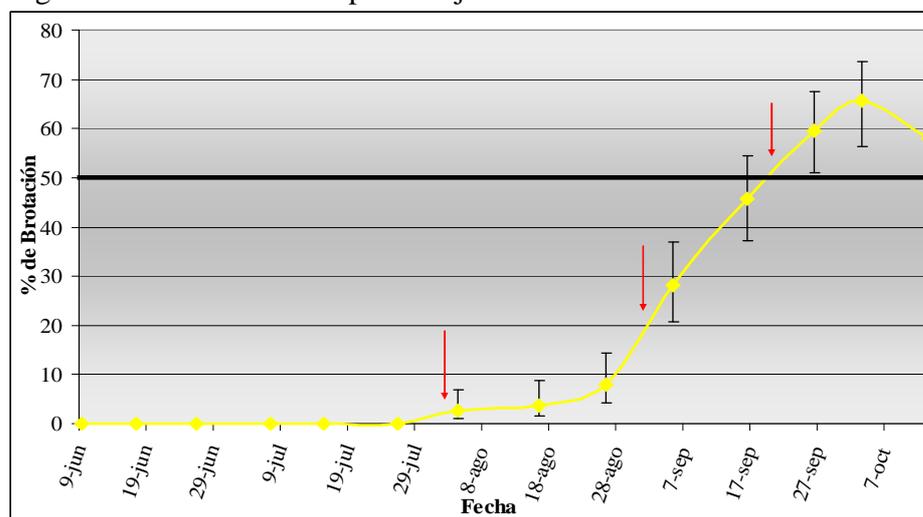
Las diferentes variables fueron analizadas con el programa estadístico SAS (SAS Sistem 9.0) con diferentes procedimientos (genmod, mixed) según la variable analizada, con una probabilidad de cometer error de tipo I de 0.05 en todas las variables. Las variables con distribución normal, fueron analizadas con el procedimiento Mixed, considerando varianzas homogéneas dentro de los tratamientos. Las mismas fueron: calibre de frutos, largo de brotes y las variables analizadas en cosecha (peso, sobrecolor de frutos, sólidos solubles totales, presión de pulpa e índice de almidón). Para el caso de las variables binomiales, el procedimiento estadístico utilizado fue Genmod, siendo las mismas: porcentaje de brotación total, brotación por edad de la madera, brotación por tipo de yema (vegetativo y reproductivo), brotación por posición de las yemas (terminal y lateral) y porcentaje de brotación en cámara de forzada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. REQUERIMIENTOS DE FRÍO Y FRÍO ACUMULADO EN LOS DISTINTOS MOMENTOS DE APLICACIÓN

La entrada en endodormición fue registrada cuando se alcanzó el 50% de caída de hojas en el campo, estableciéndose su inicio para el día 01/06/2005. El momento de finalización, determinado cuando se alcanzó el 50% de brotación en cámara de forzada (Dennis, 2003b), se registró en la fecha 20/9/2005 (Figura 2).

Figura 2. Evolución de los porcentajes de brotación en cámara de forzada.



Flechas rojas indican los momentos de aplicación (02/08/05; 03/09/05; 20/09/05).
Barras en cada fecha indican los intervalos de confianza (95%)

En la figura 2, se aprecia la evolución de la brotación en cámara de forzada. Se señalan los 3 momentos de aplicación de los productos compensadores de frío.

Fuchigami y Nee (1987), Erez (1995), plantean que los diferentes tipos de yemas poseen diferencias en la profundidad de la endodormición, difiriendo en el momento de finalización de la misma. Dennis (1994a), sugiere que la endodormición en la planta, es un estado cuantitativo. Ambas afirmaciones, se evidencian con claridad en la figura 2, donde se registra un aumento en los porcentajes de brotación al aumentar el frío acumulado y al acercarse los meses de primavera.

Los requerimientos de frío para superar la endodormición de las yemas, calculados por el modelo de Richardson et al. (1974), mostraron diferencias importantes

según el origen de los datos. Los datos obtenidos con los sensores en el campo, mostraron temperaturas más bajas, comparadas con las temperaturas de la estación de INIA Las Brujas (obtenidas en abrigo meteorológico). El mayor número de horas registradas en estas temperaturas, provocan una menor acumulación de frío. Cuando las temperaturas son inferiores a 2.4° C, la acumulación es de 0.5 UF, mientras que cuando alcanzan registros menores a los 1.4°C, no existe acumulación de frío a través de éste modelo (figura 9, anexos).

El ajuste de un modelo, que logra estimar eficientemente el frío ocurrido, permite determinar los momentos de aplicación en base a un estado fisiológico, independizándose de la utilización de fechas calendario.

Tabla 2. Unidades de frío acumuladas durante la endodormición, calculadas con datos de campo y de la estación meteorológica de INIA Las Brujas.

Campo	INIA
481	792

Según Lorimer y Hill (2006), los requerimientos de frío del cultivar ‘Royal Gala’ varían entre las 300 a 400 UF. Teóricamente, la acumulación de frío registrada durante el período de endodormición de este cultivar, durante el año 2005, supera los requerimientos de la misma, por lo que la salida de dicho estado, debería ocurrir en forma normal, sin registrarse inconvenientes en el momento de brotación.

Tabla 3. Acumulación de unidades de frío en los momentos de aplicación, con datos de campo y de la estación meteorológica de INIA Las Brujas.

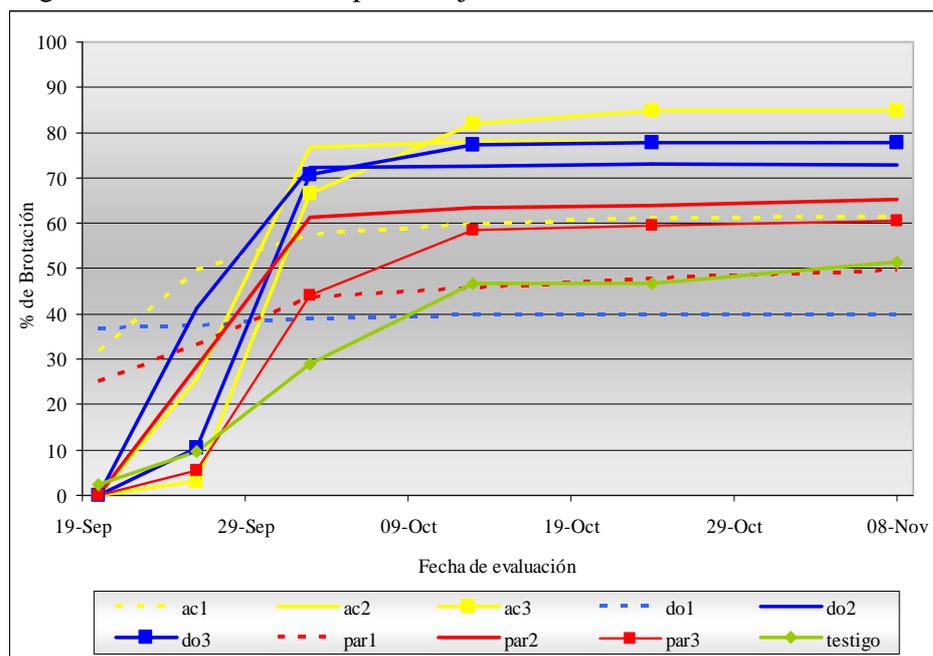
Aplicación	Campo	INIA
Primera	292	398
Segunda	432	642
Tercera	481	792

Los UF acumuladas en los diferentes momentos de aplicación son siempre inferiores en los datos obtenidos en campo en comparación a los del abrigo meteorológico. Por otro lado, tomando en cuenta los datos de campo, el segundo y tercer momento de aplicación, fue realizado con los requerimientos de frío satisfechos para ésta variedad, según los requerimientos planteados por Lorimer y Hill (2006). Para el caso de los datos de casilla metereológica, las aplicaciones fueron realizadas con los requerimientos de frío cubiertos. Por otro lado se observa, que el frío acumulado en los momentos de aplicación, fue mayor al atrasar la fecha de realización de la misma.

4.2 PORCENTAJE DE BROTACIÓN

Los porcentajes de brotación de cada tratamiento en las 6 fechas de evaluación, se presentan en la figura 3.

Figura 3. Evolución de los porcentajes de brotación de los distintos tratamientos.



ac = aceite mineral (3.0%); do = Dormex® (2.5%); par = aceite mineral parafínico refinado (2.0%).
Momentos de aplicación, 1: 02/08/2005; 2: 03/09/2005; 3: 20/09/2005

La finalización de la brotación primaveral fue establecida en la evaluación del 8 de noviembre, debido a que brotaciones posteriores no son significativas, por lo que los valores de brotación alcanzados en esta fecha son considerados como los porcentajes finales de brotación.

Tabla 4. Probabilidades de que el f observado sea mayor al f de tabla para los efectos principales y la interacción, en cada fecha de evaluación de la variable brotación.

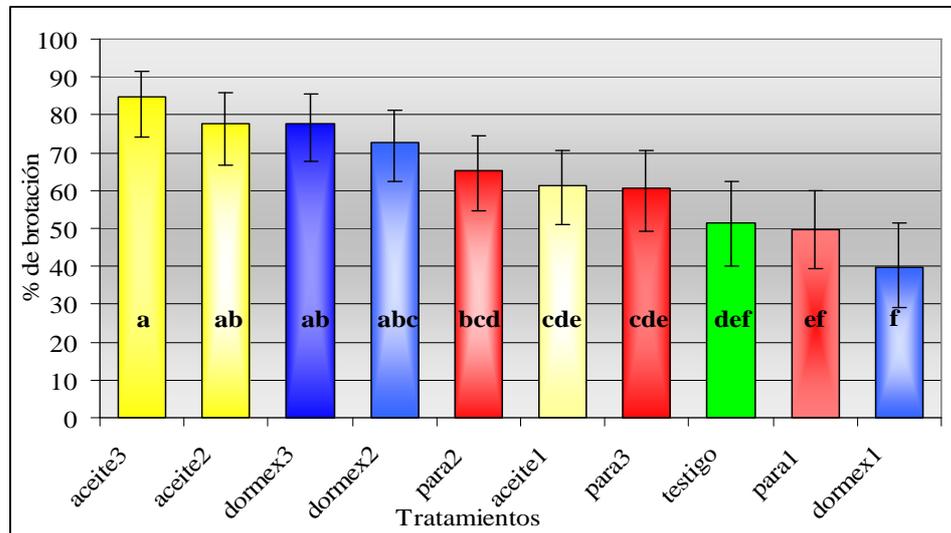
	26 set	03-oct	13-oct	24-oct	08-nov
producto	0.4015	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
momento	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
prod*mom	0.4542	0.0232	0.0582	0.0153	0.0167

La interacción producto x momento, tiene efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el porcentaje de brotación en la mayoría de las fechas de evaluación, incluyendo a la fecha en donde se registra el porcentaje final de brotación. Esta interacción, no permite adjudicar los valores de brotación a los efectos principales de los productos o de los momentos de aplicación, sino a la combinación de ambos efectos sobre esta variable analizada. Debido a esto, se considera de ahora en adelante, para ésta variable estudiada, el efecto de cada tratamiento (producto x momento).

Como es señalado en la bibliografía (Samish, Erez et al., citados por Saure, 1985), las aplicaciones tempranas de productos compensadores de frío, provocan un efecto “forzador” de la brotación, generado especialmente por un menor número de yemas que brotan, con un adelanto sustancial de la misma. En cambio, aplicaciones posteriores, logran un efecto “normalizador”, aumentando los porcentajes de brotación y acortando la extensión de la misma. Estos efectos, son claramente evidenciados en la figura 3, donde por un lado, se registraron, mayores brotaciones (dentro de cada producto) en los momentos de aplicación más tardíos (2 y 3), observándose un período de brotación más corto, evidenciado por un rápido incremento en los porcentajes de brotación. El momento 1 de aplicación, muestra una evolución de la brotación más temprana y extendida en el tiempo.

En la figura 4, se aprecian los porcentajes de brotación alcanzados por cada tratamiento, con sus respectivos intervalos de confianza. Los tratamientos con aceite mineral y cianamida hidrogenada aplicados en el momento 2 y 3, alcanzaron los más altos porcentajes de brotación, siendo significativamente mayores al testigo. Los porcentajes alcanzados por estos tratamientos superan el 70% de brotación, siendo en el caso del aceite aplicado en el momento 3, de 85%. Se destaca además, que los tratamientos aceite3, aceite2 y cianamida hidrogenada3, registraron porcentajes de brotación significativamente superiores, comparados con los tratamientos aplicados en el momento 1. A su vez, todos los tratamientos aplicados en el momento 1, son estadísticamente iguales al testigo, siendo el tratamiento dormex1, el de menor porcentaje de brotación (40%), 10% menor al porcentaje logrado por el tratamiento situado más cercanamente en la escala de brotación (aceite parafínico refinado1).

Figura 4. Porcentajes finales de brotación (08/11/2005) por tratamiento.



Medias con igual letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Barras en cada tratamiento, representan el intervalo de valores con un 95% de confianza.

Para los tratamientos con aceite mineral y cianamida hidrogenada, se registra un claro efecto en el porcentaje de brotación a medida que aumenta el frío acumulado en el momento de aplicación, aunque no existen diferencias entre los tratamientos aplicados en el momento 2 y 3. Subhadrabandhu (1995a), encontró que la brotación en manzanos es aumentada significativamente por efecto de la cianamida hidrogenada (2.5%), aplicada tardíamente, mientras que, con aplicaciones más tempranas (en un estado de dormición más profunda y con los requerimientos de frío poco satisfechos), si bien aumentó el porcentaje de brotación respecto a las plantas no tratadas, éste fue menor que el porcentaje alcanzado en aplicaciones más tardías. Concluye que para alcanzar los mejores resultados en la brotación, las aplicaciones de cianamida hidrogenada deben efectuarse cuando las yemas están saliendo de la dormición. Aplicaciones de cianamida hidrogenada demasiado tempranas, son señaladas por Erez (1995), que aunque pueden inducir la brotación, su baja eficiencia, no compensa más del 30% del frío total requerido. Este efecto se evidencia claramente en el tratamiento con cianamida realizado el 02/08/2005 (momento 1), el cual, obtuvo los menores porcentajes de brotación. Erez (1995), plantea que el mejor momento de aplicación de este compensador, ocurre cuando las yemas están saliendo de la endodormición, y no posteriormente a los 30 días previos a la fecha estimada de brotación, evitando un posible efecto fitotóxico sobre las yemas. Los resultados obtenidos por el tratamiento con cianamida hidrogenada aplicado en el momento 3, no coinciden con lo planteado por Erez (1995), debido que este tratamiento, registró el más alto porcentaje de brotación, no provocando daño a las yemas, por más que su fecha de aplicación (20/09) fue cercana al momento brotación

normal del cultivar (13 días después de la aplicación, se registró 29% de brotación, correspondiendo al 56% del total de yemas que finalmente brotaron).

Bettio Marodin et al. (2002), trabajando con durazneros, encontraron que la aplicación temprana (15/07) de combinaciones de cianamida hidrogenada a distintas dosis más aceite mineral, aumentaron significativamente la brotación de las yemas vegetativas, en comparación al testigo. Se incluyó un tratamiento con aceite mineral (10g/l), el cual registró mayor brotación de las yemas vegetativas que el testigo. Sin embargo, una segunda fecha de aplicación, cercana al hinchado de yemas (2/8, 40 días antes de plena flor), registró un porcentaje significativamente mayor de brotación de las yemas laterales en los tratamientos combinados con cianamida y aceite mineral, mientras que el aceite mineral obtuvo el mismo porcentaje de brotación que el testigo. Los porcentajes de brotación de yemas laterales de los tratamientos con aceite, no difirieron en ambas fechas de aplicación. Estos datos difieren con los resultados obtenidos en este ensayo, debido a que las aplicaciones de aceites, aumentaron los porcentajes de brotación a medida que las mismas fueron realizadas más cercanas al momento de brotación.

Las temperaturas en el momento de aplicación y en los días siguientes a ésta, influyen en el efecto de los tratamientos con aceites, debido a que las altas temperaturas inducen una mayor respiración de las yemas, lo cual, provoca un rápido establecimiento de las condiciones de anaerobiosis (Erez 1979b, Yuri 2002). La temperatura en el momento 3 de aplicación, fue la más elevada, comparada con el resto de los momentos. Del mismo modo, las temperaturas promedio 10 días luego del tratamiento, fueron mayores para este momento (Tabla 5). Sin embargo, los porcentajes de brotación alcanzados por los tratamientos con aceites, son estadísticamente iguales entre los momentos 2 y 3 (siendo el segundo, el momento con temperaturas más bajas). A su vez, el momento 1 de aplicación registró temperaturas superiores a las del momento 2, aunque los porcentajes de brotación logrados por el primer momento fueron inferiores) (Figura 4). De esta forma, las temperaturas al momento de aplicación y luego de ellas (en los rangos de temperatura registrados en este ensayo), no confirman el efecto anteriormente mencionado sobre las respuestas de las plantas, obteniendo estos tratamientos con aceite, mejores respuestas en cuanto a la brotación, cuando las aplicaciones fueron realizadas al registrarse mayor acumulación de frío. De esta forma, se corrobora lo manifestado por Erez (1979b), quien señaló, que el mejor momento para la aplicación de los aceites, es el más próximo posible al estado de yema hinchada.

Tabla 5. Temperaturas registradas en los momentos de aplicación y promedio de temperaturas en los 10 días siguientes al momento de la aplicación.

Fecha de aplicación	Temperatura en el momento de aplicación (°C)	Promedio de temperaturas 10 días luego de la aplicación (°C)
Momento 1 (02/08/2005)	20	12.19
Momento 2 (03/09/2005)	10	11.19
Momento 3 (20/09/2005)	20	15.77

Tabla 6. Diferencias en los porcentajes de brotación de los distintos tratamientos respecto al testigo en cada las fechas de evaluación ($p < 0.05$).

	Set 26	Oct 3	Oct 13	Oct 24	Nov 8
Aceite1	*	*	*		
Aceite2		*	*	*	*
Aceite3		*	*	*	*
Dormex1	*				
Dormex2	*	*	*	*	*
Dormex3		*	*	*	*
Paraf1	*				
Paraf2		*	*	*	0.0723
Paraf3					

* Tratamientos que difieren estadísticamente respecto al testigo ($p < 0.05$)

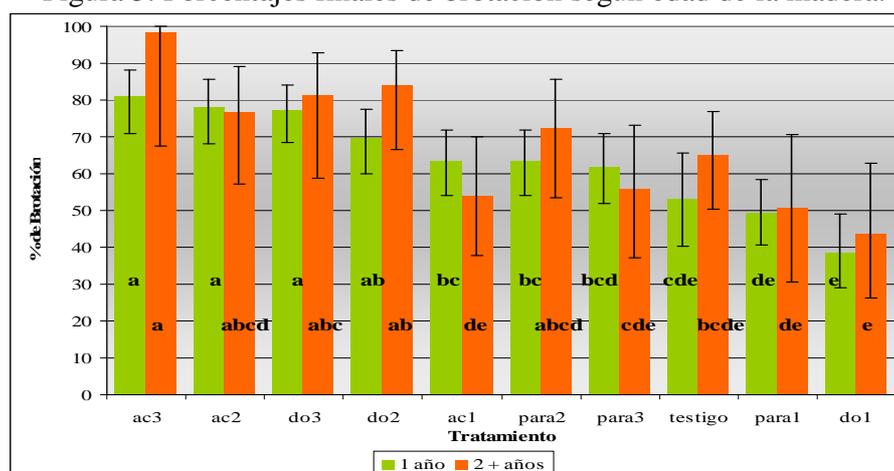
Se puede apreciar en la tabla 6, las diferencias alcanzadas para cada fecha de evaluación, en el porcentaje de brotación de cada tratamiento con respecto al testigo sin aplicación. En lo que refiere a las diferencias en el porcentaje final de brotación (Nov 8), como se mencionó anteriormente, se aprecia que las mismas son significativas únicamente en los tratamientos efectuados en el momento 2 y 3 (432 y 481 UF respectivamente), tanto para el aceite mineral, como para el tratamiento con cianamida hidrogenada. En cambio, el aceite mineral parafínico refinado se mantiene igual al testigo ($p < 0.05$), en los diferentes momentos de aplicación. Es de destacar, que los tratamientos realizados en el momento 1 (292 UF), registraron mayores porcentajes de brotación con respecto al testigo, en la fecha de evaluación del 26 de setiembre, pero este efecto no se mantiene hasta la fecha final.

Si bien, el frío acumulado durante el período de endodormición pudo ser suficiente para este cultivar, Bepete y Jackson (1995) señalan, que la respuesta a aplicaciones de cianamida hidrogenada (1.5%) se puede considerar como una medida de la adaptación de diferentes cultivares de manzanos en situaciones de frío insuficiente. Un aumento de la brotación y rendimiento de manzanos tratados con cianamida respecto al control, sugiere la falta de adaptación de dichos cultivares bajo ciertas condiciones marginales.

4.2.1. Porcentaje de brotación de yemas según su ubicación en las ramas

La brotación de las yemas ubicadas en distintas porciones de las ramas, pueden ser influenciadas mediante el uso de diferentes compensadores de frío (Mahhou et al., 2003).

Figura 5. Porcentajes finales de brotación según edad de la madera.



Medias con igual letra no difieren significativamente entre tratamientos dentro de la misma edad ($p < 0.05$). Barras en cada tratamiento, representan el intervalo de valores con un 95% de confianza

En la figura 5, se puede visualizar que no existieron diferencias entre los porcentajes de brotación de las yemas ubicadas en las ramas de 1 año y las yemas en ramas de 2 años y más, en ninguno de los tratamientos, tanto para la fecha final de brotación, como para fechas de evaluación previas. Esto indica, que no existió adelanto diferencial de la brotación en las diferentes edades de las ramas por los distintos tratamientos (tabla 14, anexos). Los porcentajes de brotación según la edad de la madera, presentaron una distribución similar a los porcentajes finales de brotación. Los tratamientos con aceite mineral y cianamida aplicados en los momentos 2 y 3, obtuvieron los más altos porcentajes de brotación, mientras que los tratamientos aplicados en la fecha 1 no se diferenciaron del testigo.

4.3. MOMENTO DE BROTACIÓN

El inicio de brotación en primavera puede ser modificado por los diferentes productos compensadores de frío (Hasseeb, 1995). Como se observa en la tabla 7, los tratamientos aplicados en el momento 1, registran un mayor porcentaje de brotación que el testigo en las primeras fechas de evaluación. Considerando que el porcentaje final de brotación de estos tratamientos es estadísticamente igual del testigo, las diferencias son

directamente atribuibles a un efecto de adelantamiento del inicio de la brotación y concentración de la misma. Este efecto, es registrado también para el tratamiento con cianamida hidrogenada 2. El adelantamiento de los diferentes tratamientos se puede visualizar también en la tabla 7.

Tabla 7. Fecha en la cual los diferentes tratamientos alcanzan el 30 y el 50 % de brotación.

	Set 20		Set 26		Oct 3		Oct 13		Oct 24		Nov 8	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%
Aceite1	*		*	x	*	x	*	x	*	x	*	x
Aceite2			*		*	x	*	x	*	x	*	x
Aceite3					*	x	*	x	*	x	*	x
Dormex1	*	x	*	x	*	x	*	x	*	x	*	x
Dormex2			*	x	*	x	*	x	*	x	*	x
Dormex3					*	x	*	x	*	x	*	x
Para1	*		*		*	x	*	x	*	x	*	x
Para2			*		*	x	*	x	*	x	*	x
Para3					*	x	*	x	*	x	*	x
Testigo					*		*	x	*	x	*	x

* Fecha en la cual se alcanza el 30% de brotación

x fecha en la cual se alcanza el 50% de brotación

Se presentan las fechas de evaluación en las cuales se alcanza el 30% y 50% de brotación, de forma tal que se pueda visualizar claramente el efecto en el adelantamiento de la brotación por los diferentes tratamientos. Se aprecia un efecto muy marcado de adelanto de la brotación por algunos tratamientos, en comparación al testigo. Analizando el momento en el cual se alcanza un 30% de brotación, en las primeras dos fechas de evaluación, se evidencia un efecto claro de adelanto en la brotación, provocado en primer lugar por los productos aplicados en el momento 1(20/09) y luego, por dichos productos aplicados en el momento 2(26/09).

Si se toma como referencia la fecha de evaluación en la cual se logra el 50% de brotación, se evidencia un adelanto de la brotación en todos los tratamientos comparados con el testigo, incluso en la evaluación realizada el 03/10. Sin embargo, algunos tratamientos tuvieron un mayor efecto en el adelanto de la brotación, como lo fueron el aceite1, la cianamida2 y especialmente, la cianamida aplicada en el momento 1, registrando este tratamiento, el mayor adelanto de la brotación, considerando lo mencionado anteriormente (tabla 6).

Los tratamientos aplicados en el momento 3, no registran adelantamiento respecto al testigo cuando se observa la fecha en la que se alcanza el 30% de la brotación. Sin embargo, como fue mencionado anteriormente, sí se registran diferencias en la fecha en la cual se alcanzó un 50% de brotación. Este dato, sugiere una mayor velocidad de

brotación en los tratamientos, que en el testigo, el cual alcanza el 50% de brotación 10 días después que el resto de los tratamientos. Este comportamiento del testigo, se puede visualizar también en la figura 3, en donde se aprecia una evolución más lenta del porcentaje de brotación.

Similares resultados en lo que refiere al adelantamiento, son señalados por varios autores en diferentes especies. Mahhou et al. (2003), registró un avance de la brotación, tanto reproductiva como vegetativa, cuando aplicó diferentes dosis de cianamida hidrogenada a manzanos 'Dorsett Golden'. Hasseeb (1995), utilizando cianamida hidrogenada (1.5%), reportó que las aplicaciones tempranas, provocan un marcado efecto en adelantar la brotación y la fecha de plena flor de manzanos cv. 'Anna', comparado al testigo sin aplicación. Aplicaciones posteriores, poseen un menor efecto, en la medida que son realizados más cercanos al momento de brotación.

Costa et al. (2004), trabajando con diferentes compensadores de frío en manzanos 'Golden Delicious', encontraron un avance y más rápida brotación, en los tratamientos aplicados tempranamente. Sin embargo, en la fecha final de evaluación, algunos de los tratamientos aplicados tardíamente, alcanzaron y superaron los porcentajes de brotación de los primeros, no existiendo diferencia en los rendimientos finales en cosecha. Estos resultados son coincidentes con los registrados en este trabajo, en donde los tratamientos aplicados en el momento 1, mostraron una gran influencia en el adelanto de la brotación, aunque los porcentajes finales fueron significativamente inferiores.

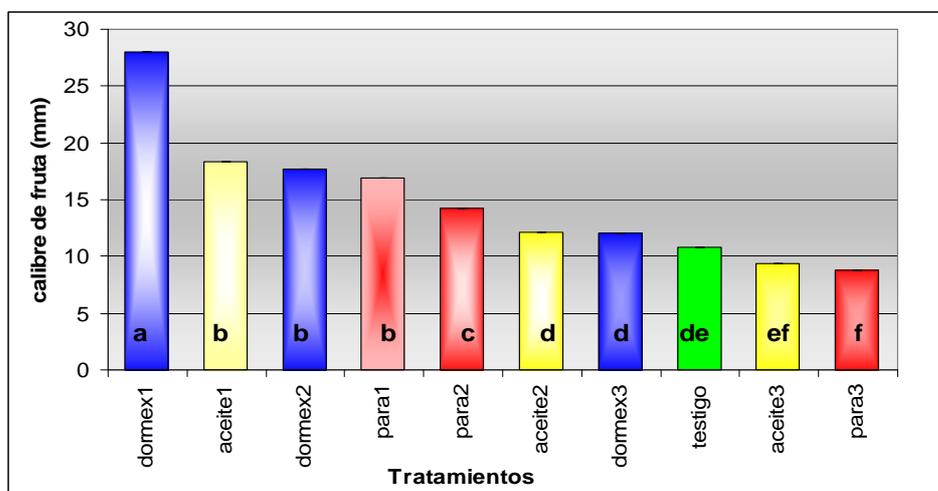
En durazneros, aplicaciones de productos compensadores de frío en momentos tempranos de la dormición, provocaron un adelanto de las fechas de brotación y floración. La cianamida hidrogenada (0.5 y 1.0%), en la fecha de aplicación más temprana (13/06; 75 días antes del inicio de floración de las plantas testigo), provocó el mayor efecto en el adelantamiento de la fecha de inicio de floración (39 días respecto al testigo). Los mismos tratamientos, aplicados en la segunda fecha (24/06, 64 días antes de la fecha de inicio de floración), presentaron un menor efecto de adelantamiento (32 días). En relación a la brotación vegetativa, la cianamida en la fecha 1, registró un mayor adelantamiento (45 días). En la misma fecha de aplicación, el aceite mineral (2.0%), adelantó el inicio de la floración y la fecha de plena floración, en 4 y 7 días respectivamente, mientras que en la segunda fecha, éstas mismas variables fueron adelantadas en 14 y 11 días. Un tercer momento de aplicación de aceite, 10/07, (48 días antes del inicio de floración del testigo), no mostró adelantamiento respecto al testigo (Herter et al., 2006). Similares resultados fueron obtenidos en este ensayo, en donde la cianamida hidrogenada registró un mayor efecto en adelantar la brotación que los aceites, siendo más marcado en las aplicaciones tempranas (momento 1), disminuyendo el efecto en los tratamientos cercanos al momento de brotación (momentos 2 y 3).

Mizobutsi et al. (2003), registraron un adelantamiento de la brotación en caqui (*Diospyros kaki* L.) con aplicaciones tempranas (09/06) de cianamida hidrogenada (0.78%) más aceite mineral (0.8%), alcanzando las 10 semanas de anticipación, en comparación al testigo. Estos autores señalan, que este efecto es debido a la acción de la cianamida hidrogenada sobre el balance de sustancias inhibitoras y promotoras de crecimiento. Mencionan también, un adelantamiento de la floración, debido a una compensación de la falta de frío necesaria para el levantamiento de la endodormición (George y Nissen, Petri citados por Mizobutsi et al., 2003).

4.3.1. Calibre de frutos

Otra forma de evaluar el adelanto de la brotación, es mediante el análisis del tamaño alcanzado por los frutos (calibre) en un momento dado durante la fase de crecimiento de los mismos. Este efecto es atribuible directamente al momento de brotación y no a otras prácticas, debido a que el manejo de la quinta fue igual para todos los tratamientos.

Figura 6. Tamaño de frutos (calibre en mm), de cada tratamiento evaluado el 08/11/05.



Medias con igual letra dentro de cada fecha, no difieren significativamente ($p < 0.05$).

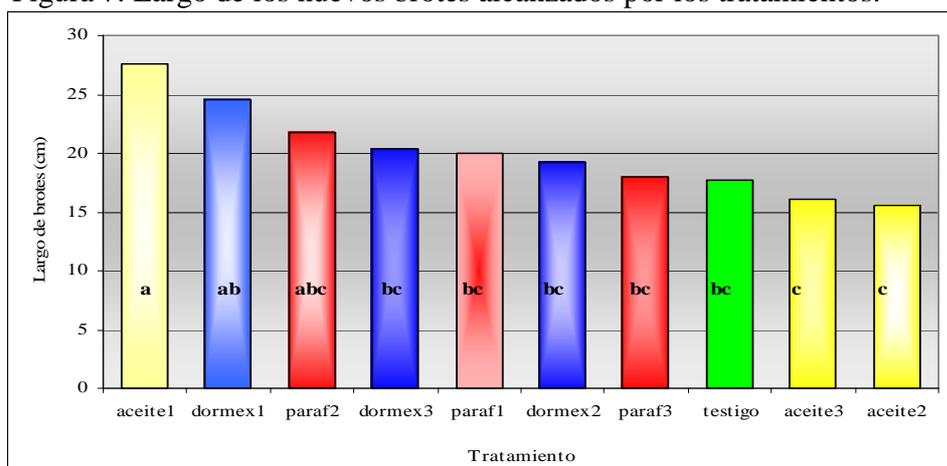
Se aprecia, una distribución de calibres similar al momento de brotación de los tratamientos, en donde, el tratamiento cianamida1, presentó un mayor tamaño de frutos en todas las fechas de evaluación, seguido por el resto de los tratamientos aplicados en el momento 1 y el cianamida2 (figura 6). Los tratamientos aplicados en el momento 3 (aceite mineral y aceite mineral parafínico refinado), fueron los que presentaron menores tamaños de frutos, registrando calibres iguales o inferiores a los del tratamiento testigo. Estos resultados corroboran el adelantamiento de la brotación observado anteriormente

para los tratamientos aplicados en el momento 1. A su vez, confirma que no existieron adelantos significativos en la brotación, cuando las aplicaciones fueron realizadas en el momento 3, confirmando el efecto de mayor velocidad (homogenización) de brotación en este tratamiento, mencionado anteriormente. Para los tratamientos aplicados en el momento 2, se confirma el adelantamiento de la brotación para el tratamiento con cianamida hidrogenada, mientras que los aceites en el momento 2, no presentaron diferencias respecto al testigo.

4.4. LARGO DE BROTES

El largo de los nuevos brotes que se desarrollan es función de la cantidad de frío que las plantas reciben durante la endodormición (Bennet, Eady y Eaton, Farmer, citados por Fuchigami y Nee, 1987).

Figura 7. Largo de los nuevos brotes alcanzados por los tratamientos.



Medias con igual letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Se visualiza además, que solo el tratamiento con aceite mineral en el momento 1, obtuvo mayores largos de brotes respecto al testigo.

Por otro lado, no se registran diferencias significativas en los largos de brotes de los tratamientos con cianamida, respecto al testigo. Resultados previos (Nee, citado por Fuchigami y Nee, 1987), señalan que las aplicaciones de cianamida hidrogenada pueden afectar esta variable, dependiendo del estado de la endodormición al momento del tratamiento. Tratamientos realizados desde el comienzo de la endodormición hasta el momento previo a la máxima intensidad de la misma, registran brotaciones cortas, de tipo spur, con entrenudos pequeños y presencia abundante de yemas. Con aplicaciones durante el último período de la endodormición e incluso en ecodormición, el largo de los

brotos fue mayor al alcanzado en aplicaciones en etapas tempranas, pero similares al testigo sin aplicación. Por lo tanto, los autores concluyen que la cianamida hidrogenada no modifica el largo de brotes, sino que depende de la etapa fisiológica en la que se encuentra la planta, es decir debido al frío que ha recibido al momento de aplicación. En la figura 7, se observa que los tratamientos que se aplicaron con la misma cantidad de frío (igual momento), registraron iguales largos de brotes entre ellos. Esto sucede con todos los tratamientos excepto para el aceite mineral (27.5 cm) y el aceite mineral parafínico (20.0 cm) en el momento de aplicación 1.

Si se observan los tratamientos extremos en la figura 7, aceite 1 y cianamida 1, y por otro los tratamientos aceite 2 y 3, se posición de modo inverso en lo que respecta al porcentaje final de brotación. Es decir, los tratamientos con mayores largos de brotes (en valor absoluto), obtuvieron los menores porcentajes de brotación (aceite y cianamida 1). De modo inverso, los tratamientos con menores largos de brotes, también valor absoluto, obtuvieron los mayores porcentajes finales de brotación (aceites 2 y 3).

Subhadrabandhu (1995a), trabajando con manzanos del cv. 'Anna', observó un aumento del largo de los brotes en la parte media y basal, cuando utilizó cianamida hidrogenada a 2.5 y 5.0%, comparado con el testigo sin aplicación. En cambio, en la zona apical de las ramas, el largo de brotes disminuyó, especialmente en aplicaciones hasta 2.5% de concentración. Mahhou et al. (2003), registró un mayor crecimiento de los brotes de las yemas terminales, en aplicaciones de cianamida hidrogenada a 1.25% (26 cm), respecto al control (9 cm). En cambio, cuando fue aplicada a 0.75%, alcanzó los 11 cm.

4.5. BROTAÇÃO POR POSIÇÃO DE LAS YEMAS

El uso de diferentes compensadores de frío, pueden influenciar la brotación de las yemas laterales, debido a una disminución del efecto de la dominancia apical, permitiendo alcanzar un porcentaje mayor de brotación (Erez, 1987).

En la tabla 8, se aprecian los porcentajes de brotación de las yemas según su posición en la brindilla. Se puede observar que, independientemente del momento de aplicación de los compensadores de frío, las yemas terminales presentaron mayores porcentajes de brotación comparado con las yemas subsecuentes en la brindilla (yemas laterales). Los valores alcanzados por este tipo de yemas, superan el 95% de brotación. En este sentido, Faust et al. (1995a), señalan que las yemas terminales requieren menor acumulación de frío para superar la endodormición que las yemas laterales. Ésta podría ser una de las causas que expliquen la mayor brotación de éstas.

Tabla 8. Brotación según posición de las yemas en la brindilla según momento de aplicación de los compensadores.

Momento	yema	% Brot	
1	terminal	95.7	a
1	1	48.1	b
1	2	50.7	b
2	terminal	97.8	a
2	1	69.2	b
2	2	65.3	b
3	terminal	98.9	a
3	1	72.5	b
3	2	71.9	b

Momento	yema	% Brot	
3	terminal	98.9	a
2	terminal	97.8	a
1	terminal	95.7	a
3	1	72.5	b
3	2	71.9	b
2	1	69.2	b
2	2	65.3	b
1	2	50.7	c
1	1	48.1	c

Medias con igual letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Yema 1, incluye las primeras, segundas y terceras yemas de la brindilla, comenzando desde el ápice.

Yema 2, incluye las cuartas, quintas y sextas yemas de la brindilla, comenzando desde el ápice.

Por otro lado, Young et al. (1995), señalan que la profundidad de la dormición aumenta desde la zona apical hacia la basal, excluyendo a la yema terminal. Sin embargo, dentro de cada momento de aplicación, no se registraron diferencias entre los porcentajes de brotación de los dos grupos de yemas laterales. Es de notar además, que las primeras 6 yemas laterales de los tratamientos aplicados en el momento 1, registraron porcentajes de brotación menores a los obtenidos por los restantes momentos de aplicación. Mahhou et al. (2003), señalan que la falta de frío provoca la brotación anticipada de las yemas terminales, provocando una inhibición sobre las yemas laterales (dominancia apical). Esto puede ocurrir, debido al insuficiente frío acumulado (292 UF) al momento de la inducción de la brotación. A su vez, estos resultados pueden estar vinculados a los mayores largos de brotes alcanzados por los tratamientos aplicados en el momento 1 en comparación a otros tratamientos aplicados en forma más tardía. De modo contrario, los tratamientos aplicados en los momentos 2 y 3, presentaron mayores porcentajes de brotación en las yemas laterales, obteniendo mayores porcentajes de brotación final y menor longitud de los nuevos brotes. Estos datos estén en concordancia con el planteo de Paiva y Robitaille, citados por Saure (1985), quienes sugieren que la diferencia entre el efecto de “forzamiento” y “normalizador” provocado por el momento de aplicación de los compensadores de frío, puede ser debido a un leve daño en la yema terminal, causando una reducción en la dominancia apical, permitiendo mayores brotaciones laterales.

Para el caso del efecto de los productos compensadores de frío sobre la brotación de las yemas en las distintas posiciones en la brindilla, se observa un comportamiento similar al encontrado para el efecto de los momentos. Las yemas terminales registraron los porcentajes mayores de brotación sobre las laterales, sin importar el producto aplicado (tabla 15, anexos). Subhadrabandhu (1995a), trabajando con manzanos del cv. ‘Anna’ registró un aumento de los porcentajes de brotación en las partes medias y

basales de los brotes con aplicaciones de cianamida hidrogenada a distintas concentraciones. Sin embargo, en este trabajo, los valores alcanzados por la cianamida hidrogenada sobre las yemas laterales, no se diferencian estadísticamente de aquellos alcanzados por el aceite mineral. El aceite mineral parafínico refinado, fue el compensador que tuvo menor influencia en aumentar la brotación de este tipo de yemas, respecto a los restantes tratamientos (tabla 15, anexos).

4.6. CONCENTRACIÓN DE LA BROTACIÓN

Como fue señalado anteriormente Samish y Erez et al., citados por Saure (1985), las aplicaciones tempranas de compensadores de frío, tienen como efecto principal, un adelantamiento en la brotación, sin modificar la irregularidad de la misma. En cambio, los tratamientos tardíos, presentan un efecto más claro efecto en la homogenización de la brotación. Algunos de estos efectos son corroborados en este ensayo (tabla 9). Se observa, que el tratamiento con menor tasa de brotación (porcentaje de brotación/día) fue el testigo sin aplicación. Las aplicaciones de los diferentes productos compensadores modificaron la tasa de brotación. Los tratamientos aplicados en el momento 3, alcanzaron las tasas de brotación (mayor velocidad) más altas, mientras que los aplicados tempranamente registraron los valores más bajos, aunque como fue señalado, superiores al testigo. Estas diferencias también pueden ser visualizadas en la figura 7, en donde los tratamientos aplicados en el momento 1 y el testigo, poseen una brotación más extendida, mientras que los tratamientos aplicados en los momentos 2 y 3, poseen un drástico aumento en los porcentajes de brotación, especialmente entre las fechas de evaluación del 26/09 y 03/10. Estas diferencias en la velocidad de brotación, son atribuidas por distintos autores, a la cantidad de frío que las plantas reciben durante el invierno (Bennet, Eady y Eaton, Farmer, citados por Fuchigami y Nee, 1987).

Tabla 9. Tasa de brotación (% de brotación/día) entre cada fecha de evaluación.

	aceite1 ¹	aceite2	aceite3	dormex1 ¹	dormex2	dormex3	paraf1 ¹	paraf2	paraf3	testigo
20-sep	4.57*	0.00	0.00	3.08*	0.00	0.00	5.01*	0.00	0.00	0.00
26-sep	2.93	4.27*	0.52	0.05	6.88*	1.74	1.33	4.73*	0.90	1.23
03-oct	1.13	7.29	9.05*	0.24	4.43	8.61*	1.50	4.69	5.53*	2.77*
13-oct	0.25	0.14	1.55	0.08	0.02	0.65	0.23	0.21	1.44	1.77
24-oct	0.10	0.00	0.25	0.00	0.04	0.04	0.19	0.06	0.09	0.00
08-nov	0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.12	0.08	0.07	0.30

¹estimación de la fecha del inicio de brotación, aceite mineral1: 13/09/2005; cianamida1: 08/09/2005; aceite parafínico1: 15/09/2005.

* señalan los valores de las tasas de brotación más altos alcanzados por cada tratamiento

Resultados encontrados por Herter et al. (2006), indican que aplicaciones de aceite mineral (1.0 y 2.0%), no tuvieron efecto en la homogenización de la floración en

durazneros de bajos requerimientos de frío, aunque al aumentar el frío recibido por las plantas, estos tratamientos presentaron mayor concentración de dicha brotación. La cianamida hidrogenada (0.25% más aceite mineral 1.0%), presentó un efecto más claro en la homogenización de la floración en éste ensayo. Como fue señalado, los tratamientos aplicados más tardíamente (mayor acumulación de frío) presentaron una mayor velocidad de brotación y por tanto, una mayor concentración de la misma (figura 10, anexos). Dentro de los productos evaluados, los aceites minerales 2 y 3 y la cianamida3, presentan las mayores tasas de brotación.

4.7. EFECTO SOBRE EL TIPO DE BROTACIÓN

Existen diferencias en la brotación de las yemas reproductivas y vegetativas, según el compensador que sea aplicado (Erez, 1995). Las aplicaciones de aceite provocan mejores respuestas sobre las yemas reproductivas, debido a los menores requerimientos de frío de éstas comparadas a las vegetativas (Black, citado por Saure, 1985). En cambio, las aplicaciones de cianamida hidrogenada sobre pomáceas, tienen mejores efectos sobre las yemas vegetativas, lo que puede estar vinculado a un daño sobre la parte reproductiva de las yemas mixtas, brotando entonces, únicamente de forma vegetativa (Erez, 1995).

Tabla 10. Porcentaje de brotación según tipos de yemas (vegetativas y reproductivas) para cada tratamiento.

	Setiembre 26			Octubre 3		
	Reprod.	Veget.		Reprod.	Veget.	
Aceite1	67.6	85.1	a	87.3	96.0	a
Aceite2	53.6	23.8	a	100.0	97.4	a
Aceite3	4.4	3.3	a	71.4	81.9	a
Dormex1	92.1	93.4	a	92.1	99.1	a
Dormex2	71.4	51.1	a	98.8	99.1	a
Dormex3	22.0	7.7	a	99.2	85.6	a
Parafina1	63.8	66.4	a	85.1	85.2	a
Parafina2	55.6	34.6	a	94.0	92.5	a
Parafina3	11.7	7.0	a	79.8	68.3	a

Medias con igual letra no difieren significativamente dentro de cada fecha ($p < 0.05$).

Comparaciones son dentro de cada fecha de evaluación y entre yemas reproductivas y vegetativas.

La tabla 10 señala los porcentajes de brotación alcanzados para cada uno de los tipos de yemas en cada fecha de evaluación, sobre el total de yemas que finalmente brotaron. Las dos fechas de evaluación, se presentan a modo de ejemplo, debido a que las diferentes fechas de evaluación, presentan un comportamiento igual a las presentadas.

Se destaca que al contrario de lo mencionado anteriormente por algunos autores, no se observan diferencias entre las brotaciones reproductivas y vegetativas en cada fecha, por los distintos tratamientos. Estos datos permiten afirmar, que los diferentes tratamientos compensadores de frío, no influenciaron el adelantamiento o retraso de la brotación de los distintos tipos de yemas.

4.8. ANÁLISIS DE COSECHA

Diferentes autores señalan que las aplicaciones de compensadores de frío modifican el momento de cosecha (Snir, citado por Saure 1985, Erez 1987), así como la calidad de la fruta (Lin et al., citados por Fuchigami y Nee, 1987).

Los valores de los índices de cosecha para esta variedad se han establecido, en el caso del test de yodo, entre 5.5 a 8.5 (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, 2002), mientras que para los sólidos solubles entre 12 a 13 °Brix y la firmeza de pulpa entre 6.8 a 7 Kg. (Iglesias et al., 2000).

Tabla 11. Análisis de cosecha.

Tratamiento	Peso de frutos (gr.)		Sobrecolor (%)		Sólidos solubles (°Brix)		Presión (Kg/cm ²)		Test yodo (1-10)	
Dormex1	194.6	a	71.1	abc	13.9	a	8.3	c	6.8	a
Aceite1	151.0	c	40.4	d	12.6	cde	8.9	ab	4.9	d
Paraf1	169.7	b	72.3	ab	13.7	a	8.6	bc	6.6	a
Dormex2	150.2	c	64.5	bc	13.7	a	9.0	a	5.8	abcd
Aceite2	143.3	cd	76.6	a	13.2	b	8.9	ab	6.3	abc
Paraf2	171.4	b	76.8	a	13.2	bc	8.7	abc	6.6	ab
Dormex3	148.2	cd	76.3	a	13.1	bc	9.1	a	5.2	d
Aceite3	143.2	cd	65.2	bc	12.7	cd	9.0	a	5.2	d
Paraf3	147.6	cd	64.4	bc	12.5	de	9.0	a	5.4	cd
Testigo	136.4	c	63.0	c	11.9	e	8.9	ab	5.5	bcd

Medias con igual letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

	Cosecha 31/01/06
	Cosecha 08/02/06
	Cosecha 13/02/06

Como se aprecia en la tabla 11, los momentos de cosecha fueron modificados por los diferentes tratamientos. Al no observarse un patrón claro en las variables de cosecha

(presión, sólidos solubles totales y test de yodo) en los diferentes tratamientos, se asume que el momento de cosecha fisiológica, fue similar en los diferentes tratamientos. Este supuesto, nos permite afirmar que existieron diferencias en la fecha de cosecha de algunos de los tratamientos respecto al testigo.

Se observa un claro efecto del adelantamiento de la cosecha, en los tratamientos con cianamida hidrogenada y aceite realizados en el momento 1. Este adelanto, fue de 13 días respecto al testigo.

Para el caso de los tratamientos aceite parafínico refinado¹ y cianamida hidrogenada aplicada en el momento 2, no se evidencian diferencias en los parámetros respecto al testigo, exceptuando los sólidos solubles en ambos y en el test de yodo en el caso del aceite parafínico¹. Esto confirma el adelanto del momento de cosecha, de 5 días respecto al testigo.

El resto de los tratamientos fueron cosechados en la misma fecha que el testigo sin aplicación, presentando los restantes tratamientos aplicados en el momento 2, una madurez más avanzada respecto al testigo. En cambio, independientemente del producto, las aplicaciones realizadas en el momento 3, presentaron iguales valores de los índices de cosecha del testigo.

Dentro de los tratamientos con mayor adelanto en la cosecha (cianamida y aceite 1), se aprecian diferencias significativas en lo que respecta a los sólidos solubles totales, presión de pulpa y contenido de almidón, los cuales muestran una madurez más avanzada en el caso del tratamiento con cianamida. En el caso de la cianamida en el momento 2 de aplicación, la cosecha respecto a los otros compensadores aplicados en el mismo momento, se adelanto en 5 días.

En este sentido, diferentes autores obtuvieron similares resultados a los mencionados en este trabajo. Hasseeb (1995), encontró que las aplicaciones de cianamida hidrogenada (1.5%) en manzanos, adelantan la madurez de frutos. Señala que el adelantamiento de la cosecha es dependiente del momento del tratamiento. Tratamientos más tempranos durante la dormición, conducen a una maduración más temprana de los frutos, mientras que el efecto es menor a medida, que las aplicaciones se acercan a la fecha esperada de brotación. En este sentido Mahhou et al. (2003), señalan que el adelantamiento de la brotación permite un rápido crecimiento de frutos, alcanzándose una cosecha anticipada, logrando calibres comerciales.

El efecto en el anticipo de la brotación y floración, señalado previamente por Mizobutsi et al. (2003) en caqui, también provocó un adelantamiento de la fecha de cosecha. El análisis de regresión mostró un comportamiento lineal decreciente entre el adelantamiento de la cosecha y el momento de aplicación (más tardía la aplicación, menor adelanto en la cosecha).

4.8.1. Peso de frutos

En lo que respecta al peso de los frutos, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. La cianamida1 presentó un mayor peso de frutos respecto al resto de los tratamientos. Los tratamientos con aceite parafínico refinado aplicados en los momentos 1 y 2, fueron mayores significativamente respecto al testigo y al resto de los tratamientos, aunque no alcanzaron los valores registrados por la cianamida1. El resto de los tratamientos no fueron diferentes estadísticamente respecto al testigo. Cabe señalar, como se ha mencionado anteriormente, que las diferentes medidas de manejo aplicadas a las plantas utilizadas para este trabajo, respetaron el manejo comercial habitual del monte. Sin embargo, la carga de frutos de cada árbol de la unidad experimental de los diferentes tratamientos, presentaron diferencias, por lo que no se puede establecer que las diferencias encontradas en el peso promedio de frutos, sean efectos de los tratamientos. Como ejemplo se puede señalar el mayor peso promedio por árbol del testigo, 42.5 Kg., comparado con los 27.4 Kg. del tratamiento cianamida1 (tabla 16, anexos).

En un ensayo realizado por Hasseeb (1995) en manzanos cv. 'Anna', utilizando cianamida hidrogenada (1.5%), encontró que el porcentaje de cuajado de frutos, fue menor en los tratamientos realizados tempranamente durante la dormición. Este descenso provocó una reducción del rendimiento por árbol. Aplicaciones posteriores, cercanas a la fecha de brotación, tuvieron un menor descenso en el porcentaje de cuajado, alcanzando mayores rendimientos por árbol. El descenso en el rendimiento encontrado en el tratamiento más temprano, fue atribuido por los autores a las condiciones de bajas temperaturas en el momento de floración, siendo un factor desfavorable sobre la polinización y la fertilización.

Mahhou et al. (2003), señalan que las aplicaciones de cianamida hidrogenada (0.25 y 0.75%) en manzanos cv. 'Dorsett Golden' aumentaron el número de flores, provocando un aumento en el número de frutos cosechados. A su vez, el adelanto en el momento de brotación, permitió un mayor tamaño de frutos en cosecha, aumentando así el rendimiento por árbol. Las aplicaciones de aceite mineral en durazneros (2.0%), presentaron un mayor cuajado de frutos en comparación al testigo sin aplicación y otros tratamientos que incluían cianamida hidrogenada (0.25; 0.5; 1.0%) más aceite al 1.0%, independientemente del momento de aplicación (Herter et al., 2006).

La aplicación temprana de cianamida hidrogenada (0.78%) y aceite mineral (0.8%) en caqui, registró un mayor cuajado de frutos que aplicaciones más tardías, debido quizás, al efecto de estos productos sobre la adherencia de los frutos al pedúnculo. Esto sería generado por una alta tasa de actividad metabólica en el ovario, resultando en un mayor flujo de metabolitos al fruto, no modificando el peso de frutos (George y Nissen, citados por Mizobutsi et al., 2003).

El peso de frutos de aplicaciones de compensadores de frío en durazneros, fue estadísticamente menor para la mayoría de los tratamientos aplicados en la segunda fecha (02/08) comparada con la primera (15/07). En cambio, la aplicación de aceite mineral en la primera fecha, registró un peso de fruto igual al testigo sin aplicación, mientras que en la segunda fecha, fue estadísticamente superior al mismo, siendo igual a algunos de los tratamientos con cianamida y aceite (Bettio Marodin et al., 2002).

4.8.2. Sobrecolor de frutos

Para la variable porcentaje de fruto cubierto con sobrecolor rojo, si bien existen diferencias entre los tratamientos y con respecto al testigo de algunos de ellos, no se exhibe ningún patrón claro para la explicación de los resultados, solamente es de notar el muy bajo porcentaje, diferente estadísticamente al resto de los tratamientos, en el caso del aceite mineral.

5. CONCLUSIONES

- Los diferentes tratamientos compensadores de frío utilizados en este trabajo, modificaron el comportamiento de las plantas sobre los cuales fueron aplicados, incluso en aquellas situaciones donde el frío acumulado al momento de aplicación era igual al requerido para la salida de la endodormición.
- Los porcentajes finales de brotación fueron aumentados en forma significativa por el aceite mineral y la cianamida hidrogenada a medida que era mayor el frío acumulado en el momentos de aplicación (momentos 2 y 3, a partir de 430 Unidades de frío), siendo iguales entre ellos. El aumento en dicho porcentaje, fue el resultado de una mayor brotación de las yemas laterales.
- Los tratamientos aplicados en forma temprana durante la endodormición (292 UF), adelantaron en forma significativa, el momento de brotación y de cosecha, respecto al testigo. En este sentido, el producto con mayor efecto fue la cianamida hidrogenada.
- Los que incluyeron aceite mineral parafínico refinado en todos los momentos de aplicación, fueron significativamente iguales en el porcentaje de brotación final respecto al testigo.
- Todos los tratamientos tuvieron mayor concentración de la brotación respecto al testigo, sin embargo, el efecto fue mayor al incrementarse el frío acumulado al momento de aplicación.
- El largo de los nuevos brotes fue modificado por los diferentes tratamientos. Si bien sólo el aceite mineral aplicado en el momento 1 presentó diferencias respecto al testigo, los tratamientos que adelantaron la brotación, presentaron mayores largos de brotes, comparados con tratamientos que aumentaron el porcentaje de brotación. A su vez, los tratamientos aplicados en el momento 1, obtuvieron menor porcentaje de brotación de yemas laterales. Este efecto fue vinculado a una mayor dominancia apical en estos tratamientos.
- No se encontraron diferencias en los porcentajes de brotación de los diferentes tratamientos sobre el tipo de yemas (vegetativas y reproductivas).
- Las brotación de las yemas según la edad de la madera sobre la cual se localizaban, no fue influenciada por los diferentes tratamientos.

6. RESUMEN

Los frutales de hoja caduca requieren la acumulación de cierta cantidad de frío durante la etapa de endodormición ocurrida en invierno. En ocasiones, los requerimientos de frío no son cubiertos, por lo que el uso de productos compensadores de frío es una práctica habitual en nuestras condiciones. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la respuesta de tres compensadores de frío aplicados en diferentes momentos en manzanos del cv. 'Royal Gala'. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cianamida hidrogenada (1.25%), aceite mineral parafínico (3.0%) y aceite mineral parafínico refinado (2.0%) en tres momentos, el primero cuando se acumularon 292 unidades de frío (UF), el segundo con 432 UF y el tercero con 481 UF. Las respuestas de las plantas a dichos tratamientos fueron evaluadas durante la brotación y la cosecha. El efecto de éstos, no sólo dependió del momento de aplicación y del producto empleado, sino de la interacción entre ellos. Para la variable porcentaje de brotación de yemas, los tratamientos con aceite mineral y cianamida aplicados en los momentos 2 y 3, registraron un aumento significativo (70% de brotación) respecto al testigo (50%). A su vez, estos tratamientos presentaron las mayores tasas de brotación, siendo por ende, los tratamientos con más rápida y homogénea brotación. Los restantes tratamientos, no presentaron diferencias estadísticas con el testigo en cuanto al porcentaje de brotación, aunque igualmente obtuvieron mayores tasas de brotación. La brotación de los tratamientos aplicados en el momento 1, mostró un marcado efecto de adelantamiento, tanto del momento de brotación, como del de cosecha, siendo los más evidentes los tratamientos con cianamida y aceite mineral, que lograron adelantar la cosecha en 13 días respecto al testigo. El tratamiento con cianamida aplicada en el momento 2, también presentó un avance de la brotación y cosecha (8 días) respecto al testigo. La brotación de las yemas apicales registró porcentajes superiores al 95% en todos los momentos de aplicación, sin embargo, los tratamientos aplicados en el momento 1, lograron menores porcentajes de brotación de las yemas laterales (50%), comparados con los restantes momentos (mayores a 65%). A su vez, los tratamientos aplicados en el momento 1, los cuales tuvieron mayor influencia en adelantar la brotación y cosecha, alcanzaron mayores largos de brotes que tratamientos con mayores porcentajes de brotación (aceite mineral aplicados en momento 2 y 3). Para las variables porcentaje de brotación de los distintos tipos de yemas (vegetativas y reproductivas) y porcentaje de brotación según edad de la madera (brindillas y ramas de 2 años y más), no se registró ningún efecto de los tratamientos. En conclusión, los tratamientos aplicados con una mayor acumulación de frío, obtuvieron mayores porcentajes de brotación, debido a un aumento en la brotación de las yemas laterales. No se registraron diferencias en el efecto sobre el porcentaje final de brotación entre la cianamida hidrogenada y el aceite mineral. Las aplicaciones tempranas tuvieron un adelantamiento de la brotación y cosecha, destacándose un mayor efecto de la cianamida hidrogenada.

Palabras clave: Aceites Minerales; Brotación; Cianamida Hidrogenada; Endodormición.

7. SUMMARY

The temperate deciduous fruits need to accumulate different amounts of chill through the endodormancy stage, during the winter. However, in our conditions, their chilling requirements are not completely satisfied, so is common the application of chemicals to compensate that lack of chilling. The purpose of this work was to determine the responses of three rest breaking agents, applied in apples cv. 'Royal Gala'. The treatments applied were hydrogen cyanamide (1.25%), paraffin mineral oil (3.0%) and refined paraffin mineral oil (2.0%) in three different moments. The first application was made when the chilling units (CU) reached 292, the second one at 432 CU and the last one, at 481 CU. The plant's responses to each treatment were measured during the budbreak and at harvest. The main effect was due to the interaction between the chemicals and the moment of application. The budbreak percentage of the mineral oil and hydrogen cyanamide applied at the moments 2 and 3 was significantly higher (more than 70%) than the control (50%). These treatments had higher budbreak rates, showing a quick and homogeny budbreak. The rest of the treatments had not significantly differences against the control in the final budbreak percentage. However, the budbreak rate was higher for them. The treatments applied at the first moment had a strong effect, promoting an advanced budbreak and harvest, specially cyanamide and mineral oil treatments, which harvest was 13 days earlier than the control. The cyanamide applied in the second moment registered an 8 day-earlier harvest. The sprouting of the terminal buds reached more than 95% of budbreak in all application moments. However, the treatments applied at the first moment, registered lower budbreak percentages in lateral buds (50%) than the other 2 moments of application (more than 65%). The treatments applied in the first moment showed longer shoots than the treatments mineral oil 2 and 3, which had the highest budbreak percentage. Finally, the sprouting of buds situated at different parts of the branches (one year-old-shoot and two years and older-shoots) and the budbreak percentage of the different kind of buds (reproductive and vegetative), were not affected by the treatments. As a conclusion, applications made when higher chill has been accumulated, resulted in an increase of budbreak percentages. That was explained by an enhancement in lateral buds sprout. There were no differences in the final budbreak percentage between hydrogen cyanamide and mineral oil. The first application moment induced earlier budbreak and harvest, emphasizing the hydrogen cyanamide effect.

Keywords: Budbreak; Endodormancy; Hydrogen Cyanamide; Mineral Oils.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUSTÍ, M. 2004. Fruticultura. Barcelona, Mundi-Prensa. 493 p.
2. ARORA, R.; ROWLAND, L.; TANINO, K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials; a science comes of age. *Hortscience*. 38 (5): 911-921.
3. BATTEY, N. 2000. Aspects of seasonality. *Journal of Experimental Botany*. 51 (352): 1769-1780.
4. BEPETE, M.; JACKSON, J. 1995. Apple cultivar performance and response to a chemical dormancy breaking spray under “marginal” winter-chilling conditions in Zimbabwe. *Acta Horticulturae*. no. 409: 121-124.
5. BETTIO MARODIN, G.; SARTORI, I.; SALVATI GUERRA, D. 2002. Efeito da aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral na quebra de dormência e produção do pessegueiro ‘Flamecrest’. *Revista Brasileira de Fruticultura (Jaboticabal)*. 24 (2): 426-430.
6. BUBÁN, T.; FAUST, M. 1995. New aspects of bud dormancy in apple trees. *Acta Horticulturae*. no. 395: 105-111.
7. CAMELATTO, D.; COUTINHO, E.; HAETER, J.; CASAGRANDE, J. 2002. Superação da insuficiência de frio hibernal em ameixeiras (*Prunus domestica* L.) cv. D’AGEN. Pelotas, EMBRAPA/Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. pp. 1-3. (Comunicado Técnico no. 79).
8. CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONES DES FRUITS ET LÉGUMES. 2002. Pomme. Code amidon. (en línea). Paris. Consultado 2 jul. 2007. Disponible en http://www.fruits-et-legumes.net/revue_en_ligne/point_sur/fich_pdf/code_amidon.pdf
9. CONTARÍN, S. E.; CURBELO, L. A. 1987. Aporte para la regionalización del cultivo de frutales de hoja caduca en el país según la ocurrencia de frío invernal efectivo para el rompimiento del receso. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 117 p.
10. COOK, N; JACOBS, G. 2000. Progression of apple (*Malus X domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 75 (2): 233-236.

11. _____.; BELLEN, A.; CRONJÉ, P.; DE WIT, I.; KEULEMANS, W.; VAN DE PUTTE, A.; STEYN, W. 2005. Freezing temperature treatment induces bud dormancy in “Granny Smith” apple shoots. *Scientia Horticulturae*. 106: 170-176.
12. COSTA, C.; MUDZUNGA, J.; STASSEN, P. 2004. Chemical rest breaking agents for the South African pome and stone fruit industry. *Acta Horticulturae*. no. 395: 295-302.
13. COUVILLON, A. 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees: a review. *Acta Horticulturae*. no. 395: 11-19.
14. DENNIS, F. 1994. Dormancy-what we know (and don't know). *Hortscience*. 29 (11): 1249-1255.
15. _____. 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.
16. DÍAZ CLARA, W. 1978. Primera determinación de horas de frío en el Uruguay. Ministerio de Defensa Nacional. Dirección General de Meteorología del Uruguay. Nota Técnica no. 8: 1-14.
17. DÍAZ, D.; MARTINEZ, J.; SHERMAN, W. 1986. Apple and peach production in warm climates of northwest Mexico. *Fruit Varieties Journal*. 40 (2): 121-125.
18. EREZ, A; COUVILLON, G.A.; HENDERSHOTT, C. 1979a. The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 104 (4): 573-576.
19. _____. 1979b. The effect of temperature on the activity of oil + Dinitro-o-cresol sprays to break the rest of apple buds. *Hortscience*. 14 (2): 141-142.
20. _____.; COUVILLON, G.A.; HENDERSHOTT, C. 1979c. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 104 (4): 536-540.
21. _____.; _____.; KAYS, S.J. 1980. The effect of oxygen concentration on the release of peach leaf buds from rest. *Hortscience*. 15 (1): 39-41.
22. _____. 1987. Chemical control of budbreak. *Hortscience*. 22 (6): 1240-1243.

23. _____. 1995. Means to compensate for insufficient chilling to improve bloom and leafing. *Acta Horticulturae*. no. 395: 81-95.
24. _____.; FAUST, M.; LINE, M. 1998. Changes in water status in peaches buds on induction, development and release from dormancy. *Scientia Horticulturae*. 73: 111-123.
25. FAUST, A.; LIU, D.; WANG, S.; STUTTE, G. 1995a. Conversion of bound to free water in endodormant buds of apple is an incremental process. *Acta Horticulturae*. no. 395: 113-118.
26. _____.; _____.; _____.; _____. 1995b. Involvement of apical dominance in winter dormancy of apple buds. *Acta Horticulturae*. no. 395: 47-56.
27. _____.; EREZ, A.; ROWLAND, L.; WANG, S.; NORMAN, H. 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *Hortscience*. 32 (4): 623-629.
28. FINETTO, G. 1995. Studies of chilling requirement on six peach cultivars in the Po Valley (1990-1994). *Acta Horticulturae*. no. 395: 119-126.
29. FRÍAS, M. 2006. Requerimiento de frío en frutales. Pomáceas. *Boletín Técnico (Universidad de Talca)*. 6 (4): 1-3.
30. FUCHIGAMI, L.; NEE, C. 1987. Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. *Hortscience*. 22 (5): 836-845.
31. _____.; WINSNIEWSKI, M. 1997. Quantifying bud dormancy: physiological approaches. *Hortscience*. 32 (4): 618-623.
32. GARIGLIO, N.; GONZALEZ ROSSIA, D.; MENDOW, M.; REIG, C.; AGUSTÍ, M. 2006. Effect of artificial chilling on depth of endodormancy and vegetative and flower budbreak of peach and nectarin cultivars using excised shorts. *Scientia Horticulturae*. 118 (4): 371-377.
33. GEMMA, H. 1995a. Dormancy breaking in Japanese Pears grown in a heated greenhouse. *Acta Horticulturae*. no. 395: 57-68.
34. _____. 1995b. Rest-breaking of "Delaware" grape. *Acta Horticulturae*. no. 395: 127-133.

35. GUAK, S.; FUCHIGAMI, L. 2001. Effect of applied ABA on growth cessation, bud dormancy, cold acclimation, leaf senescence and N mobilization in apple nursery plants. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 76 (4): 459-464.
36. HASSEEB, G.; ELEZABY, A. 1995. Timing of hydrogen cyanamide application and full-bloom, fruit maturity and yield of two apple cultivars. *Acta Horticulturae*. no. 409: 185-189.
37. HAUAGGE, R.; CUMMINS, J. 1991a. Age, growing temperatures, and growth retardants influence induction and length of dormancy in *Malus*. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 116 (1): 116-120.
38. _____.; _____. 1991b. Seasonal variation intensity of bud dormancy an apple cultivars and relates *Malus* species. *Journal of the American Society Horticultural Science*. 116 (1): 107-115.
39. HERTER, F.; POSSER SILVEIERA, C.; BASSOLS RASEIRA, M.; CAMELATTO, D.; TREVISAN, R.; CHAVARRIA, G.; VERÍSSIMO, V. 2006. Utilização da cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação e floração de pessegueiro (en línea). Pelotas, Brasil, EMBRAPA Consultado 12 jul. 2007. Disponible en http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/boletins/boletim_33.pdf.
40. IGLESIAS, I.; CARBÓ, J.; BONANY, J.; DALMAU, R.; GUANTER, G.; MONTSERRAT, R.; MORENO, A.; PAGÉS, J. 2000. *Manzano. las variedades de más interés*. Barcelona, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). 238 p.
41. LANG, G. 1987. Endo-, para-, and ecodormancy; physiological terminology and classification for dormancy research. *Hortscience*. 22 (3): 371-377.
42. LARCHER, C. 1995. *Physiological plant ecology*. 3a ed. Berlin, Springer. 506 p.
43. LORIMER, S.; HILL, S. 2006. Chill units of stone fruit. (en línea). Victoria, Department of Primary Industries. Consultado 10 jul. 2007. Disponible en [http://www.dpi.vic.gov.au/dpi/nreninf.nsf/93a98744f6ec41bd4a256c8e00013aa9/f054e67786454458ca2571330001a8dc/\\$FILE/AG1094.pdf](http://www.dpi.vic.gov.au/dpi/nreninf.nsf/93a98744f6ec41bd4a256c8e00013aa9/f054e67786454458ca2571330001a8dc/$FILE/AG1094.pdf)

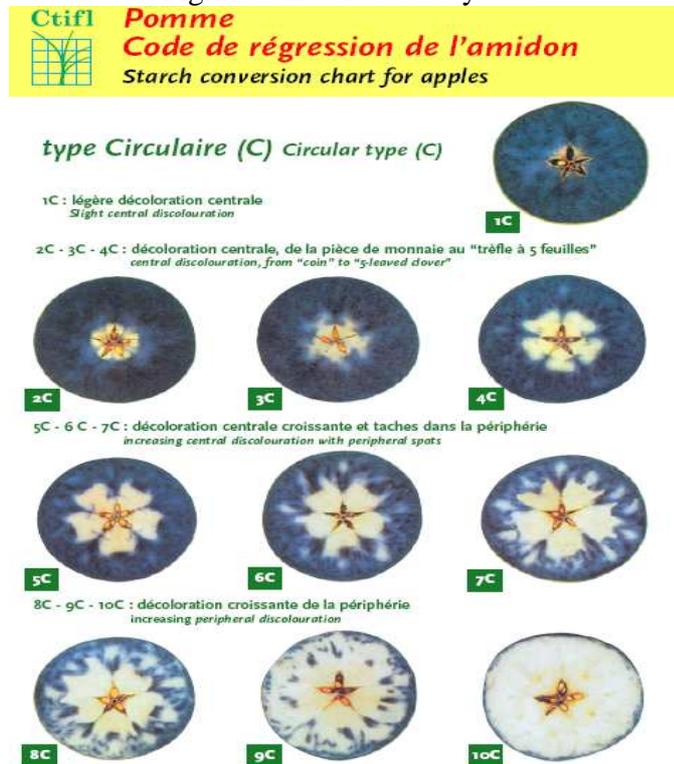
44. MAHOU, A.; ALAHOUI, H.; JADARI, R. 2003. Effets de la cyanamide hydrogène et de l'acide gibbérellique sur la levée de dormance du pommier "Dorsett Golden" au sud du Maroc. *Fruits*. 58 (4): 229-238.
45. MIZOBUTSI, G.; HORST BRUCKNER, C.; CHAMHUM SALOMÃO, L.; RIBEIRO, R.; FERREIRA DA MOTTA, W. 2003. Aplicação de cianamida hidrogenada e de óleo mineral em caquizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura (Jaboticabal)*. 25 (1): 89-92.
46. NAOR, A.; FLAISHMAN, M.; STERN, R.; MOSHE, A.; EREZ, A.; 2003. Temperature effects on dormancy completion of vegetative buds in apple. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 128 (5): 636-641.
47. NEIVA de CARBALHO, R.; ZANETTE, F. 2004. Conteúdo de carboidratos em gemas e ramos de macieira durante o outono e inverno em região de baixa ocorrência de frio. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26 (2): 202-205.
48. NIR, G.; SHULMAN, Y.; FANBERSTEIN, L.; LAVEE, S. 1986. Changes in the activity of catalase (EC 1.11.1.6) in relation to the dormancy of grapevine (*Vitis vinifera* L.) buds. *Plant Physiology*. 81: 1140-1142.
49. PAIVA, E.; ROBITAILLE, H. 1978. Breaking bud rest on detached apple shoots: effects of wounding and ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 103 (1): 101-104.
50. PARMENTIER, C.; ROWLAND, L.; LINE, M. 1998. Water status in relation to maintenance and release from dormancy in blueberry flower buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123(5): 762-769.
51. PEEREBOOM VOLLER, C.; YURI, J. 2004. Receso y calidad de fruta. Pomáceas. *Boletín Técnico (Universidad de Talca)*. 4 (3): 1-3.
52. PETRI, J.L.; STUKER, H. 1995. Effect of mineral oil and hydrogen cyanamide concentrations on apple dormancy, cv. Gala. *Acta Horticulturae*. no. 395: 161-167.
53. _____. 1997. Indução de brotação de gemas de macieira por cianamida hidrogenada e óleo mineral sob influencia da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 32 (1): 71-75.
54. POWELL, L.E. 1976. Effect of photoperiod on endogenous abscisic acid in *Malus* and *Betula*. *Hortscience*. 11 (5): 498-499.

55. _____. 1987. Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate-zone woody plants. *Hortscience*. 22 (5): 845-850.
56. PUTTI, G.L.; PETRI, J.L.; MENDEZ, M. 2003. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 25 (2): 210-212.
57. RAMINA, A.; COLAUZZI, A.; MASIA, A.; PITACCO, A.; CARUSO, T.; MESSINA, R.; SCALABRELLI, G. 1995. Hormonal and climatological aspects of dormancy in peach buds. *Acta Horticulturae*. no. 395: 35-46.
58. RICHARDSON, E.; SEELEY, S.; WALKER, D. 1974. A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” and “Elberta” peach trees. *Hortscience*. 9 (4): 331-332.
59. SAS/STAT, 2002. *The SAS System 9*. Cary, NC, SAS Institute. 1156 p.
60. SAURE, M. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*. 7: 239-300.
61. SHALTUOT, A.; UNRATH, C.R. 1983a. Effect of some growth regulators and nutritional compounds as substitutes for chilling of “Delicious” apples leaf and flowers buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 108 (6): 898-901.
62. _____.; _____. 1983b. Rest completion prediction model for “Starkrimson Delicuios” apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 108 (6): 957-961.
63. SUBHADRABANDHU, S. 1995a. Induction of budbreak in apple trees that received insufficient chilling by hydrogen cyanamide. *Acta Horticulturae*. no. 409: 171-178.
64. _____. 1995b. Problems in growing fruits in warm tropics. *Acta Horticulturae*. no. 395: 69-80.
65. TAMURA, F.; TANABE, K.; ITAI, A. 1995. Effect of interruption of chilling on bud break in japanese pear. *Acta Horticulturae*. no. 395: 135-140.
66. WANG, S.; FAUST, M. 1990. Changes of membrane lipids in apple buds during dormancy and budbreak. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 115 (5): 803-808.

67. WELLING, A.; RINNE, P.; VIHARA-AARNIO, A.; KONTENUN-SOPPELA, S.; HEINO, P.; TAPIO PAIVA, E. 2004. Photoperiod and temperature differentially regulate the expression of two dehydrin genes during overwintering of birch (*Betula pubescens* Ehrh.). *Journal of Experimental Botany*. 55 (396): 507-516.
68. WESTWOOD, M.N.; BJORNSTAD, H.O. 1978. Winter rainfall reduces rest period of apple and pear. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 103 (1): 142-144.
69. YOUNG, E. 1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 117 (2): 271-273.
70. _____.; DAUTLICK, K.; BELDING, R. 1995. Respiratory changes during dormancy breaking of apple trees. *Acta Horticulturae*. no. 395: 21-33.
71. YURI, J.A. 2002. El receso en frutales. Pomáceas. *Boletín Técnico (Universidad de Talca)*. 2 (4): 1-3.

9. ANEXOS

Figura 8. Escala test de yodo.



(Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, 2002)

Figura 9. Registros de temperaturas con sensores en campo y datos de casilla.

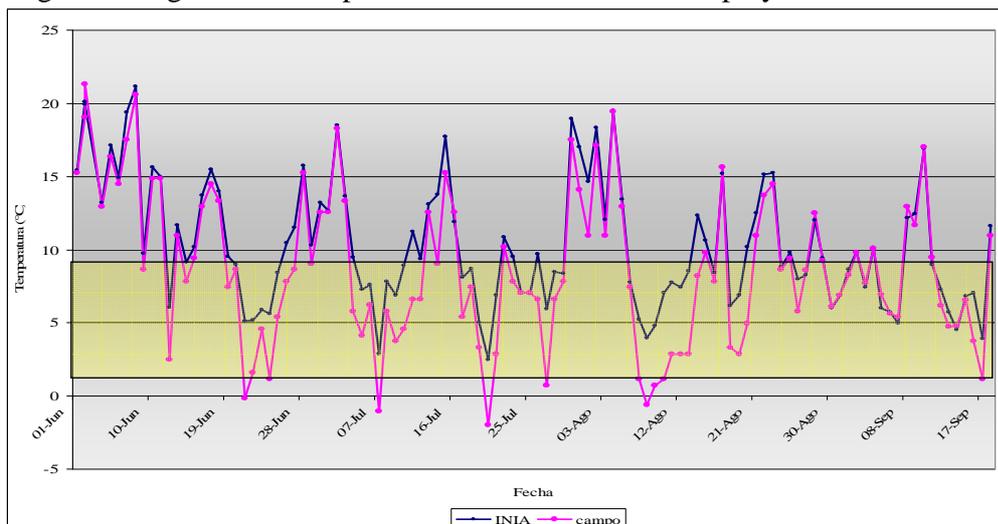


Tabla 12. Evolución de los porcentajes de brotación de los diferentes tratamientos en las fechas de evaluación.

	aceite1	aceite2	aceite3	dormex1	dormex2	dormex3	parafi1	parafi2	parafi3	testigo
20-Sep	31.98	0.00	0.00	36.94	0.00	0.00	25.06	0.00	0.00	2.29
26-Sep	49.55	25.64	3.11	37.22	41.29	10.41	33.03	28.37	5.38	9.68
03-Oct	57.43	76.64	66.46	38.89	72.31	70.70	43.51	61.23	44.10	29.03
13-Oct	59.91	78.06	81.99	39.72	72.55	77.24	45.79	63.36	58.46	46.77
24-Oct	61.04	78.06	84.78	39.72	73.03	77.72	47.84	64.07	59.49	46.77
08-Nov	61.26	77.78	84.78	39.72	72.79	77.72	49.66	65.25	60.51	51.34

Tabla 13. Evolución de los intervalos de confianza de los diferentes tratamientos en las fechas de evaluación.

	20-Set		26-Set		03-Oct		13-Oct		24-Oct		08-Nov	
	LInf	LSup										
aceite1	20.8	45.8	33.8	65.3	53.0	67.2	51.3	67.9	50.5	70.6	50.9	70.7
aceite2	-	-	13.0	44.4	65.4	85.1	69.1	85.0	66.9	86.3	66.7	85.9
aceite3	-	-	0.4	22.6	54.2	76.8	73.0	88.5	73.8	91.7	74.0	91.6
Dormex1	23.8	52.3	21.9	55.6	28.4	50.5	30.9	49.2	29.1	51.4	29.2	51.2
Dormex2	-	-	26.2	58.2	61.8	80.8	64.1	79.7	62.5	81.5	62.4	81.2
Dormex3	-	-	3.7	26.0	60.1	79.5	69.0	83.8	67.5	85.4	67.6	85.4
para1	15.1	38.6	19.7	49.8	33.6	54.0	37.4	54.4	37.6	58.3	39.5	59.9
para2	-	-	15.9	45.4	50.5	71.0	54.6	71.3	53.3	73.6	54.7	74.5
para3	-	-	1.2	21.0	33.6	55.2	49.3	67.1	48.3	69.8	49.4	70.6
Testigo	0.2	20.1	3.1	26.3	19.9	40.3	37.7	56.1	35.7	58.1	40.2	62.3

Tabla 14. Porcentajes de brotación de las yemas en ramas de 1 año y en dos y más años para cada tratamiento en dos fechas de evaluación.

	3 de octubre				8 de noviembre				
	1 año		2 + años		1 año		2 + años		
ac2	76.58	a	76.83	ab A	ac3	81.0	a	98.6	a A
do3	69.06	ab	79.69	ab A	ac2	78.1	a	76.8	abcd A
do2	68.92	ab	84.04	a A	do3	77.1	a	81.2	abc A
ac3	60.87	b	86.96	a B	do2	69.5	ab	84.0	ab A
para2	59.82	b	66.67	abc A	ac1	63.5	bc	54.2	de A
ac1	59.35	bc	51.40	bc A	para2	63.4	bc	72.4	abcd A
para3	43.80	cd	45.24	c A	para3	54.5	bcd	56.0	cde A
para1	42.47	d	49.25	bc A	testigo	53.1	cde	64.9	bcde A
testigo	38.42	d	27.70	c A	para1	49.5	de	50.7	de A
do1	37.50	d	43.75	c A	do1	38.6	e	43.8	e A

Medias con igual letra minúscula, no difieren significativamente dentro de cada columna ($p < 0.05$).

Medias con igual letra mayúscula, no difieren significativamente dentro de cada fila ($p < 0.05$).

Figura 10. Evolución de los porcentajes de brotación de los diferentes momentos de aplicación.

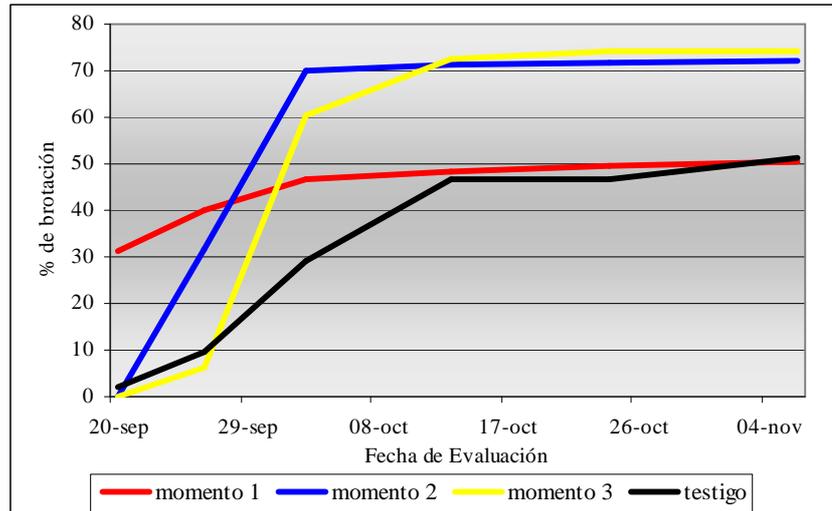


Tabla 15. Brotación según posición de las yemas en la brindilla y por producto aplicado.

Tratamiento	yema	% Brot	
aceite	terminal	100.0	a
aceite	1; 2 y 3	74.0	b
aceite	4; 5 y 6	69.2	b
dormex	terminal	94.6	a
dormex	1; 2 y 3	65.9	b
dormex	4; 5 y 6	64.9	b
parafina	terminal	98.0	a
parafina	1; 2 y 3	52.0	b
parafina	4; 5 y 6	54.4	b

Tratamiento	yema	% Brot	
aceite	terminal	100.0	a
parafina	terminal	98.0	a
dormex	terminal	94.6	a
aceite	1; 2 y 3	74.0	b
aceite	4; 5 y 6	69.2	bc
dormex	1; 2 y 3	65.9	bcd
dormex	4; 5 y 6	64.9	bcd
parafina	4; 5 y 6	54.4	cd
parafina	1; 2 y 3	52.0	d

Medias con igual letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Tabla 16. Peso de la cosecha de cada árbol de los tratamientos y peso promedio de cada tratamiento (Kg.)

Tratamiento	Unidad experimental						peso promedio
	1	2	3	4	5	6	
aceite 1	35,7	17,6	26,7	33,8	19	26,7	26,6
dormex 1	35,4	22,1	36,1	15,8	36,3	18,4	27,4
aceite 3	31,1	28,5	40,2	28,6	21,5	15,8	27,6
parafina 1	31,5	33,7	30,1	36,9	22,6	11	27,6
aceite 2	49	27,1	28,2	30,4	26,5	6,3	27,9
dormex 3	42,9	23,4	27,6	17,9	23,7	42	29,6
dormex 2	20,25	28,3	58,4	20	21,2	31,6	30,0
parafina 3	55,6	35	32,2	23,8	31,4	20	33,0
parafina 2	43,7	42,6	42,9	38,5	-	-	41,9
testigo	36	57,4	50,6	40,5	37,6	33,1	42,5