

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE DIFERENTES COMPENSADORES DE FRÍO
APLICADOS EN MANZANOS
EN EL SUR DE URUGUAY**

por

Sebastián **VIAZZO RINALDI**

Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el título
de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

Trabajo final de grado aprobado por:

Directora:

Ing. Agr. Dra. Vivian Severino

Tribunal:

Ing. Agr. Dra. Mercedes Arias

Ing. Agr. MSc. PhD. Maximiliano Dini

Ing. Agr. Dra. Vivian Severino

Fecha:

23 de diciembre de 2022

Estudiante

Sebastián David Viazzo Rinaldi

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia. A mis padres y a mi hermana por el apoyo brindado en todos estos años de estudio, a mi abuela que trabajando en la quinta me motivó a tomar esta elección de vida y a Sofía por estar a mi lado y darme fuerza para poder terminar la carrera.

A mis amigos, compañeros de facultad y de trabajo que me han aportado mucha sabiduría y vivencias muy valiosas.

A todos los docentes de la facultad, especialmente a Vivian Severino y a Mercedes Arias que fueron las que me apoyaron en la realización de este trabajo.

A la familia Pizzorno por darme la posibilidad de realizar la tesis y poder ampliar los conocimientos trabajando en el establecimiento.

A Enrique Mirazo por brindarme sus experiencias y ser un referente en esta profesión.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. EL PERÍODO DE DORMICIÓN EN LAS PLANTAS	3
2.1.1. <u>Definiciones</u>	4
2.1.2. <u>Tipos de dormición</u>	5
2.1.3. <u>Inducción de la endodormición</u>	7
2.1.4. <u>Salida de la endodormición</u>	7
2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA DORMICIÓN EN FRUTALES DE HOJA CADUCA	8
2.2.1. <u>Fotoperíodo</u>	8
2.2.2. <u>Temperatura</u>	8
2.2.3. <u>Otros factores</u>	10
2.3. ROL DE LAS HORMONAS EN LA DORMICIÓN	10
2.3.1. <u>Ácido abscísico (ABA)</u>	10
2.3.2. <u>Giberelinas (Gas)</u>	11
2.3.3. <u>Citoquininas (Cks)</u>	11
2.3.4. <u>Auxinas (Axs)</u>	12
2.4. REQUERIMIENTOS DE FRÍO.....	13
2.4.1. <u>Requerimientos en variedades de manzanos</u>	13
2.4.2. <u>Requerimientos en portainjertos</u>	14

2.4.3. <u>Diferencias según la ubicación de la yema en la planta</u>	15
2.5. EFECTOS DE LA FALTA DE FRÍO EN LA PLANTA Y EN LA CALIDAD DE LA FRUTA.....	16
2.6. MANEJO DE LA DORMICIÓN.....	18
2.6.1. <u>Prácticas culturales</u>	19
2.6.2. <u>Métodos químicos</u>	19
2.6.2.1. Aceites minerales.....	22
2.6.2.2. Cianamida hidrogenada.....	22
2.6.2.3. Combinación aceite mineral y cianamida hidrogenada.....	23
2.6.2.4. Otros productos.....	25
2.6.3. <u>Combinación de métodos no dejando llegar a la yema a la endodormición</u>	25
2.7. MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DEL FRÍO INVERNAL.....	26
2.8. EFICIENCIA DE LOS MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE FRÍO EVALUADOS EN URUGUAY.....	26
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	28
3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO.....	28
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MONTES EVALUADOS.....	28
3.3. TRATAMIENTOS REALIZADOS.....	28
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
3.5. VARIABLES EVALUADAS.....	31
3.5.1. <u>Brotación</u>	31
4. <u>RESULTADOS</u>	32
4.1. BROTAÇÃO SEGÚN FECHA DE APLICACIÓN DE COMPENSADORES DE FRÍO.....	32
4.2. BROTAÇÃO SEGÚN LOS COMPENSADORES DE FRÍO APLICADOS.....	33

4.3. BROTACIÓN SEGÚN LOS COMPENSADORES DE FRÍO Y SUS DIFERENTES FECHAS DE APLICACIÓN	34
4.4. BROTACIÓN SEGÚN LA POSICIÓN DE LAS YEMAS (SPUR Y BRINDILLAS).	36
5. <u>DISCUSIÓN</u>	37
6. <u>CONCLUSIONES</u>	39
7. <u>RESUMEN</u>	40
8. <u>SUMMARY</u>	41
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	42

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro No.	Página
1. Requerimientos de horas de frío en variedades de manzano.....	144
2. Variedades de manzanos calificadas según sus requerimientos de frío.....	144
3. Requerimientos de frío de algunos portainjertos utilizados en manzanos ..	155
4. Principales reguladores de crecimiento utilizados en la inducción de la brotación en la fruticultura de clima templado.....	211
5. Alternativas para inductores de brotación en manzanos de clima templado.	211
6. Requerimientos de frío según tasa de brotación.....	277
7. Características DORMEX.	2929
8. Características aceite mineral emulsionable YPF.....	2929
9. Características del polisulfuro de calcio AGROFUR.....	300
10. Estados fenológicos de yemas reproductivas y vegetativas.	311
11. Porcentaje de brotación de yemas en la variedad Red Chief según la fecha de aplicación de los compensadores de frío para las dos últimas fechas de evaluación.....	333
12. Porcentaje de brotación de yemas en la variedad Maxi Gala según los compensadores de frío aplicados para la evaluación del 12 de octubre.....	344
13. Porcentaje de brotación de yemas según la ubicación de las mismas para las variedades Maxi Gala y Red Chief.....	366

Figura No.	Página
1. Progreso de la dormición en climas con inviernos fríos y cálidos.....	6
2. Evolución de los porcentajes de brotación en yemas de manzano Maxi Gala (color rojo) y Red Chief (color azul) según las fechas de aplicación de los compensadores de frío.....	32
3. Evolución de los porcentajes de brotación en yemas de manzano Maxi Gala (izquierda) y Red Chief (derecha) según los diferentes compensadores de frío aplicados.....	34
4. Porcentaje de brotación de yemas según los distintos compensadores de frío y sus fechas de aplicación en la variedad Maxi Gala.....	35
5. Porcentaje de brotación de yemas según los distintos compensadores de frío y sus fechas de aplicación en la variedad Red Chief.....	36

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la fruticultura de hoja caduca presenta una superficie total de 5500 ha donde la superficie cultivada con manzanos es de 2703 ha, siendo el cultivo de hoja caduca con mayor superficie plantado en el país para la zafra 2014/15 (MGAP. DIEA, 2016).

El destino principal de la fruta es el mercado interno (Ackerman y Díaz, 2016). Luego de una caída importante en las exportaciones de manzanas y peras en el año 2013, las mismas han ido aumentando, exportándose en el año 2015 unas 6000 ton de fruta fresca; muy lejos todavía de las casi 14000 toneladas exportadas en el año 2007.

Uno de los factores que influye en la calidad de la fruta y en los rendimientos de los montes de manzanos en Uruguay es la insuficiencia de frío invernal para que la planta pueda levantar la endodormición en forma adecuada. Un ejemplo de esta situación se plantea en la producción de manzanas en la zafra 2015-16 donde el comunicado de prensa emitido por MGAP. DIEA (2017), menciona una caída del 32% de la producción respecto a la cosecha de la zafra anterior. Uno de los factores principales que influyó en dicha disminución fue la falta de horas de frío que hubo en el invierno.

Es imprescindible para el productor contar con una estrategia de manejo del monte que le sirva para optimizar la brotación del mismo y así llegar a rendimientos altos con una fruta de buena calidad. Los productores en Uruguay están familiarizados con las aplicaciones invernales de aceite mineral principalmente y es importante ajustar la fecha de aplicación de los mismos, la combinación o no con otros compensadores de frío y las concentraciones adecuadas para lograr un doble propósito en la aplicación: el control de insectos y la compensación de frío en las yemas.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Este trabajo tiene como objetivo determinar la respuesta de manzanos (*Malus domestica B.*) 'Maxi Gala' y 'Red Chief' a la aplicación de productos compensadores de frío, para promover la salida del estado de endodormición.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto del momento de aplicación de los compensadores de frío sobre la brotación.
- Determinar los efectos de diferentes productos químicos aplicados como compensadores de frío sobre la brotación de yemas en brindillas y estructuras spurs.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL PERÍODO DE DORMICIÓN EN LAS PLANTAS

En los climas templados o templado-cálidos el ritmo de crecimiento estacional de los frutales está condicionado fundamentalmente por la temperatura y se distinguen dentro del ciclo anual de los frutales, dos períodos diferentes; el período de actividad vegetativa, que se inicia al final del invierno o comienzos de la primavera y termina en otoño con la caída de las hojas en los frutales caducifolios y el período de reposo, que se inicia a finales del otoño y finaliza a finales de invierno o principios de primavera (Melgarejo, 1996).

El período de dormición es un proceso vital para las plantas y forma parte de la adaptación ecológica de las mismas para sobrevivir a condiciones del clima desfavorables, retomando las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo cuando las condiciones climáticas les resulten favorables (Sozzi et al., 2007). “La inactividad de los brotes de los árboles frutales de zona templada, es una fase básica en su ciclo de desarrollo anual que permite la supervivencia bajo clima frío extremo del invierno. La latencia permite adaptar la planta a sus condiciones ambientales coordinando el crecimiento y el desarrollo con los períodos anuales apropiados” (Erez y Couvillon, 2000).

Según Melgarejo (1996), el reposo invernal es un mecanismo de defensa de la planta a las bajas temperaturas y como efectos se ve un endurecimiento de la madera a medida que se acerca el otoño y la posterior caída de las hojas.

Agustí (2004), menciona que a finales de otoño y principios de invierno se sintetizan en las yemas las dehidrinas, proteínas hidrofílicas capaces de fijar agua. Estas sustancias intensifican la latencia porque deshidratan la célula y permiten una mayor resistencia de la misma al frío. Además se producen cambios en las membranas celulares incrementándose en éstas el contenido de ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos, esto hace que aumente la fluidez de la membrana y hace posible su actividad a bajas temperaturas.

La inducción y la liberación de la dormición son los puntos clave para tener una buena brotación y desarrollo anual. La inducción a la dormición no debe ser demasiado tarde ya que la planta puede sufrir daños en los tejidos que no

están preparados para el frío. Por otra parte la liberación de la dormición no debe ser demasiado pronto ya que el brote temprano puede sufrir lesiones por congelación. Por otra parte, si la inducción de la dormición se produce muy pronto o si el brote brota demasiado tarde, el potencial de desarrollo máximo del árbol se reducirá y con eso su capacidad de competencia ecológica (Erez y Couvillon, 2000).

Luego de la salida de la dormición es necesaria la acumulación de calor para cumplir con las diferentes etapas fenológicas desde la brotación hasta la maduración de la fruta.

2.1.1. Definiciones

Al ser la dormición un proceso complejo, que puede ocurrir en diferentes estructuras de una misma planta y ocurrir por diferentes motivos, las definiciones propuestas por varios investigadores trabajando en este tema son variadas. Las diferencias observadas en los términos de dormancia utilizados en el pasado se pueden resumir de la siguiente manera (Lang et al., 1987):

- Se utilizan con facilidad
- Son imprecisos y carecen de un significado fisiológico específico
- Las diferencias semánticas entre ellos son sutiles
- No son transferibles a todos los lenguajes
- No se ha aplicado universalmente a todas las partes de las plantas con igual dormancia

Lang et al. (1987), consideran que hay tres puntos cruciales que se dan en la dormición, estos son:

- Reconocimiento de que el crecimiento, desarrollo o actividad se enlentece o detiene
- Descripción de los tejidos que pueden presentar dormición
- Indicación de que el crecimiento puede reanudarse

Por lo tanto Lang et al. (1987), definen a la dormición como “una suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura vegetal que contiene un meristema”.

Específicamente en fruticultura, Sozzi et al. (2007), utilizan el termino dormición “para definir la suspensión temporaria del crecimiento y desarrollo de los meristemas ubicados en las yemas de madera y de flor”. Agustí (2004), investigador en el área frutícola concuerda con las definiciones anteriores y menciona que la dormancia se caracteriza por la supresión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que contenga un meristemo, a pesar de lo cual su actividad fisiológica no cesa, si bien se desarrolla de una manera ralentizada.

2.1.2. Tipos de dormición

Hay tres clases de dormición: paradormición, endodormición y ecodormición.

La paradormición es la dormición regulada por factores fisiológicos de la planta que se dan fuera de la estructura afectada (Agustí, 2004). Lang et al. (1987), concuerdan con lo anterior y mencionan que se origina una señal bioquímica, que puede ser causada o no por el ambiente, y es la responsable del efecto inhibitorio. La dominancia apical donde la yema terminal provoca el efecto inhibitorio sobre las yemas laterales es un ejemplo de paradormición.

La endodormición es la dormición regulada por factores fisiológicos propios de la estructura afectada. La endodormición se divide en dos partes, la endodormición profunda y la endodormición superficial, la primera se caracteriza por la incapacidad de inducir a las yemas al crecimiento bajo condiciones naturales y en la segunda puede romperse la latencia con tratamientos adecuados (Agustí, 2004).

La ecodormición es la dormición regulada por factores ambientales (Agustí, 2004). Según Sozzi et al. (2007), se trata de factores inespecíficos que actúan sobre el metabolismo general más que sobre los meristemas particulares.

La representación gráfica realizada por Saure (1985) y presentada en la figura No.1 muestra las diferencias en el progreso temporal de la dormición en zonas con inviernos fríos y cálidos. La principal diferencia entre zonas frías y cálidas allí presentada refiere al período de salida de la endodormición. La endodormición en regiones con inviernos cálidos se extiende y la brotación puede ocurrir una vez completado el requerimiento de frío o durante el final de la endodormición incluso sin pasar por la ecodormición (Erez y Couvillon, 2000).

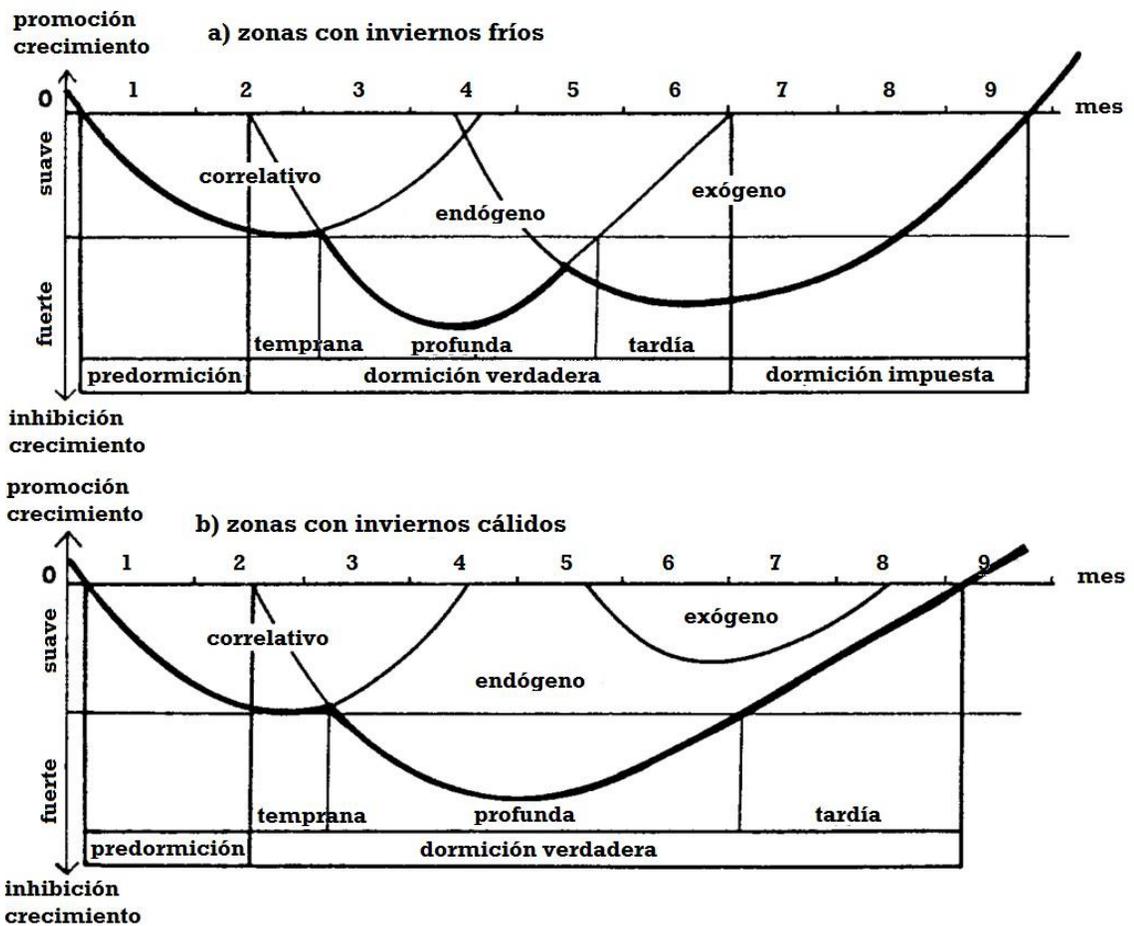


Figura No. 1. Progreso de la dormición en climas con inviernos fríos y cálidos

Fuente: adaptado de Saure (1985).

La revisión bibliográfica de este trabajo va a estar centrada en la endodormición y el efecto de la aplicación de diferentes compensadores de frío, en dos momentos, sobre la promoción de la salida de esta etapa fisiológica.

2.1.3. Inducción de la endodormición

Factores externos como temperatura, radiación solar, fotoperíodo, niveles de fertilización, labores de cultivo, entre otras, influyen en el mecanismo que determina la caída de las hojas y en la entrada en la endodormición de los árboles (Melgarejo, 1996).

Se produce un incremento de los inhibidores y un descenso de los promotores del crecimiento en la yema indicando que la misma está entrando en endodormancia (Melgarejo, 1996). Entre los promotores del crecimiento citados se encuentran auxinas, giberelinas y citoquininas mientras que el ácido abscísico es uno de los inhibidores del crecimiento (Agustí, 2014).

2.1.4. Salida de la endodormición

Una vez que la endodormición ha sido inducida, la exposición a baja temperatura es necesaria para romper la dormición y para permitir la reanudación del crecimiento (Erez y Couvillon, 2000).

El tiempo que debe estar expuesto el frutal a las bajas temperaturas, para cubrir los requerimientos de frío, va a depender principalmente de las necesidades de frío de la variedad y de la intensidad del frío ocurrido. Para una correcta brotación del árbol tienen que ser satisfechas las necesidades de frío del mismo y luego presentarse condiciones favorables para el crecimiento (Melgarejo, 1996).

En el final de la dormición se produce un aumento en la hidrólisis de almidón, un aumento en el contenido de carbohidratos solubles y hay un aumento progresivo de la tasa respiratoria en las yemas del árbol (Agustí, 2014).

El receso es inducido y finalmente liberado por cambios en el balance entre inhibidores y promotores de crecimiento. Se considera que el receso ha sido superado cuando el 50% de las yemas son capaces de brotar (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA DORMICIÓN EN FRUTALES DE HOJA CADUCA

2.2.1. Fotoperíodo

Heide y Prestrud, citados por Chaar (2013), mencionan que el cese del crecimiento y la inducción de la dormancia en manzano (*Malus domestica* Borkh.) y peral (*Pyrus communis* L.) no fueron influidos por el fotoperíodo, al simular mediante fitotrón situaciones de día largo y corto tanto en manzano como en peral. La temperatura menor a 12 °C indujo ambos procesos, independientemente de las condiciones de fotoperíodo. Sozzi et al. (2007), concuerdan con lo anterior y afirma que el manzano no es afectado por el fotoperíodo.

Por otro lado ensayos con yemas de dos años de edad en el cultivar Imperial Gala, donde se estudió el tiempo promedio de brotación de las mismas en el periodo de abril hasta agosto, muestran que la latencia más profunda de las yemas es en fines de mayo. La rápida evolución de la dormición en el periodo abril-mayo incluso con una baja ocurrencia de frío indica que otro factor ambiental está regulando este proceso y es el fotoperíodo (Neiva de Carvalho y Zanette, 2004). Hawerroth et al. (2010), menciona que la acción del fotoperíodo es variable entre las especies.

2.2.2. Temperatura

El efecto de la temperatura sobre la dormición es variable entre especies y fluctuante de acuerdo al contexto fisiológico. Para cada variedad los requerimientos de frío estimados con los modelos cambian de acuerdo con la localización de la plantación y el año de estudio (Sozzi et al., 2007).

Según Hawerroth et al. (2010), el elemento principal para superar la dormición es la temperatura. Las temperaturas menores a 12°C son las responsables de inducir el receso sin importar el fotoperíodo. Además del cese del crecimiento, las bajas temperaturas inducen el fortalecimiento de las escamas de las yemas, la senescencia y caída de las hojas (Frías, 2006).

Putti et al. (2003), en ensayos con distintos cultivares de manzano y utilizando varetas sometidas a cámara de frío con diferentes temperaturas, concluyen que la temperatura efectiva para la acumulación de frío varía en relación con los cultivares. Temperaturas de 15°C pueden ser suficientes para superar las exigencias de frío en cultivares de bajos requerimientos del mismo para brotar.

Para una acumulación de frío efectiva es importante que las temperaturas de fin de verano y principios de otoño desciendan gradualmente, si por el contrario las temperaturas en esta época permanecen altas, las yemas de todas formas entran en receso pero van a requerir una mayor acumulación de frío (Frías, 2006).

Las yemas formadas en veranos muy calurosos y con baja humedad relativa requerirán de un receso más prolongado que las yemas formadas en veranos más fríos (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

La temperatura afecta el contenido de carbohidratos en las yemas y ramas adyacentes a las mismas. En ensayos con el cultivar Imperial Gala, Neiva de Carvalho y Zanette (2005), mencionan que el aumento de la latencia durante el otoño se asocia con un contenido reducido de carbohidratos solubles en las yemas. Cuanto menor es el contenido de carbohidratos solubles en la yema, mayor es el estado de dormición de la misma. Yemas tratadas con 1440 horas de frío adicionales, se mostraron con contenidos de carbohidratos tanto solubles como insolubles menos variables que yemas expuestas a las temperaturas ambientales en el monte, las cuales acumularon 386 horas de frío. Desde abril hasta agosto, período de estudio en el ensayo, las yemas tratadas con frío adicional mostraron mayor contenido de carbohidratos solubles que las yemas sin frío adicional.

La temperatura también afecta la intensidad de la dormición y el tiempo promedio de brotación de las yemas. Yemas tratadas con 1440 horas de frío suplementarias muestran una reducción en la intensidad de la dormición de las mismas en todos los meses de estudio y se da un aumento significativo en la tasa de brotación, logrando un adecuado desarrollo del brote (Neiva de Carvalho y Zanette, 2004).

2.2.3. Otros factores

En Uruguay la fecha de caída de las hojas de los árboles frutales varía anualmente. Una de las causas es la diferencia interanual de las temperaturas otoñales retrasándose la caída de las hojas en otoños cálidos. Como consecuencia la eficiencia en la acumulación de frío disminuye en hasta un 60% por la presencia de hojas en las plantas (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

El nivel de reservas de la planta es otro factor que influye en la salida del receso. Niveles bajos de nitrógeno prolongan el receso y la falta de zinc disminuye la brotación en la parte superior del árbol (Peereboom Voller y Yuri, 2004). Melgarejo (1996), concuerda en que la deficiencia en zinc afecta negativamente la correcta brotación al impedir la apertura inicial de las yemas.

El clima nublado y con niebla se ha encontrado muy ventajoso para romper la latencia, ya que la ausencia de sol directo mantiene los brotes frescos evitando así la negación del enfriamiento por altas temperaturas (Erez y Couvillon, 2000). Peereboom Voller y Yuri (2004), mencionan que las lluvias invernales además de disminuir la temperatura en las yemas, reduce el nivel de oxígeno en las mismas provocando anaerobiosis. De esta forma promueve la salida del receso. Según Coque Fuertes et al. (2012), la lluvia y la niebla pueden tener un efecto positivo en la brotación porque hacen un lavado de inhibidores hormonales facilitando la brotación. Para Hawerth et al. (2010), factores como la luz y la lluvia son relevantes en el proceso de dormición pero la magnitud de sus efectos no están debidamente cuantificados.

2.3. ROL DE LAS HORMONAS EN LA DORMICIÓN

2.3.1. Ácido abscísico (ABA)

La dormición de las yemas se ha relacionado con la acumulación del ABA, siendo la respuesta más común de la célula ante la acumulación de esta hormona, la inhibición del crecimiento. Estudios con plantas mutantes, insensibles al ABA, muestran que éstas son incapaces de expresar los genes regulados por el frío aunque la exposición al frío puede inducir la transcripción de dichos genes (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Para Beauvieux et al. (2018), las bajas

temperatura reprimen la acción de los genes que regulan la formación del ABA, participando dicha hormona en el mantenimiento de la latencia.

Agustí (2014), menciona también que el ABA es el factor más importante en promover la latencia y que la elevada concentración endógena o su aplicación exógena son eficaces para retrasar la brotación en yemas de manzanos, cerezos y durazneros.

Para Sozzi et al. (2007), los niveles más elevados de ABA en yemas de distintas maloideas y prunoideas se correlaciona negativamente con la ruptura de la dormición pero el papel del ABA en la ruptura de la dormición es muy cuestionado ya que hay evidencias a favor pero también en contra.

2.3.2. Giberelinas (Gas)

No es claro el papel en la ruptura de la dormición de meristemas vegetativos y de flor pero si es claro el papel que desempeña esta hormona en la salida de la dormancia de las semillas (Sozzi et al., 2007).

Las Gas suplen el requerimiento de frío o luz que necesitan muchas semillas para germinar. A su vez la síntesis de GAs es modificada profundamente por factores ambientales como son la temperatura y las condiciones de luminosidad en que se desarrollan las plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Respecto a la utilización de las giberelinas en fruticultura, un trabajo realizado por Sáez (2016) que sintetiza los principales usos de las giberelinas de síntesis en la fruticultura chilena muestra diversos usos y efectos. Estos últimos son muy variables y dependen de múltiples factores ya sean climáticos o internos de la planta. Una de las conclusiones del estudio es que el efecto más importante de las aplicaciones de giberelinas buscado por los fruticultores chilenos es incrementar el tamaño de los frutos. En ningún caso se muestra a las aplicaciones de giberelinas como participes de procesos de quiebra de dormancia.

2.3.3. Citoquininas (Cks)

Durante la endodormición profunda la actividad hormonal se ve enmascarada pero es efectiva nuevamente luego de un período con

temperaturas bajas, donde las Cks pueden promover la brotación. Es acá donde son eficaces en romper la dormancia, el tidiáuron (TDZ), un análogo a las Cks, la cianamida de hidrógeno, una sustancia que aumenta la concentración de CKs en el xilema o el KNO₃, capaz de inducir en las raíces la síntesis de Cks (Agustí, 2014).

Azcon-Bieto y Talón (2008), mencionan que las Cks participan en la proliferación de las yemas axilares participando en la ruptura de la dominancia apical. También hace partícipe a las Cks en la senescencia foliar ya que aplicaciones exógenas de dicha hormona retrasan la senescencia. Las áreas tratadas con Cks se transforman en sumideros aumentando el traslado de sustancias hacia éstas y se ve incrementada la actividad metabólica.

2.3.4. Auxinas (Axs)

Según Petri et al. (2016), las auxinas están involucradas en diversas funciones fisiológicas. Intervienen en el crecimiento y la división celular, supresión del crecimiento de las yemas axilares, dominancia apical, enraizamiento, promoción o retraso de la caída de las frutas. Dentro de este grupo de hormonas se destacan el ácido indolacético, el ácido indolbutírico y el ácido naftaleno acético.

Con respecto al efecto que producen las Axs en la dormición, el tratamiento con éstas tienden a bloquear la ruptura de la dormición. Por otra parte las yemas terminales requieren menos frío para romper la dormición que las yemas laterales, el arqueado de ramas que provoca una reducción del transporte de auxinas altera la duración de la endodormición y es una práctica común la conducción de ramas en forma horizontal para mejorar la ruptura de la misma (Sozzi et al., 2007).

Las auxinas junto con las citoquininas están involucradas en el mantenimiento de la dormición ya que mejoran la deposición de callosa en los plasmodesmos afectando la capacidad de transporte de sustancias entre las células vegetales. Las bajas temperaturas mejoran la expresión de las glucósido hidrolasas que participan en la digestión de la callosa (Beauvieux et al., 2018).

2.4. REQUERIMIENTOS DE FRÍO

Los requerimientos de frío son muy variables de acuerdo a la especie y el cultivar considerado (Zoppolo et al., 2015).

En ocasiones existen diferencias grandes entre las necesidades de frío de variedades de una misma especie por lo cual es necesario conocer las necesidades de frío de la variedad más que de la especie (Melgarejo, 1996).

2.4.1. Requerimientos en variedades de manzanos

El rango de requerimientos de frío en manzanos es muy amplio, variando de 200 a 1700 horas de frío. Por lo tanto es clave conocer los requerimientos de frío por variedad.

Petri (2014), menciona que la variedad Gala tiene una exigencia de frío de 600 horas, mientras que la variedad Golden Delicious necesita 800 horas de frío. En la validación de variedades Soria et al. (2003), se nombra que la variedad Mondial Gala tiene una exigencia de 625 unidades de frío, mientras que Kiku 8 unas 579 unidades. Si observamos los cuadros número 1 y 2, en el primero vemos que para cada variedad no hay un número exacto de horas de frío. Se adjudica a las variedades de Gala un rango entre 600 y 1000 horas de frío y a las de Red un valor de más de 1000 horas. En el segundo cuadro hay categorías que van del I (muy alto requerimientos de frío) al VII (muy bajos), donde el grupo Red y Gala comparten la misma categoría. Queda planteado con estos datos, la dificultad de adjudicar un valor exacto de necesidades de frío por variedad, dada la complejidad del mecanismo de acumulación de frío por parte de la planta y los distintos componentes tanto climáticos como biológicos que participan en el proceso.

Cuadro No. 1. Requerimientos de horas de frío en variedades de manzano.

CULTIVARES	HORAS DE FRÍO
Galaxy Premier	600-1000
Brookfield-Baigent	600-1000
Super Chief	+1000
Washintong Spur	+1000
Red Angius	+1000
Golden Delicious	+1000
Granny Smith	700-1000
Braeburn	600-800
Kiku Brak	+1000
Pink Lady-Cripps Pink	600-800
Pink Lady-Rosy Glow	600-800

Fuente: tomado de Los Álamos de Rosauer (s.f.).

Cuadro No. 2. Variedades de manzanos calificadas según sus requerimientos de frío.

REQUERIMIENTO DE FRÍO	VARIEDADES
Categoría I (muy alta)	Rome Beauty, Northern Spy
Categoría II	McIntosh
Categoría III	Winesap
Categoría IV	Red Delicious, G. Delicious, Gala, Fuji, Cox Orange
Categoría V	Yellow Newtown
Categoría VI	Early McIntosh, Granny Smith
Categoría VII (muy bajo)	Pink Lady

Fuente: tomado de Peereboom Voller y Yuri (2004).

2.4.2. Requerimientos en portainjertos

Las necesidades de frío de los árboles frutales no están exclusivamente dadas por la variedad sino que hay una influencia del patrón y la manifestación de la influencia de éste puede ser más o menos clara. El patrón como es genéticamente diferente, tiene distintas necesidades de frío y parece estar relacionada al vigor del mismo (Melgarejo, 1996).

Los portainjertos tienen requerimientos de frío diferentes a la variedad por lo que hay variación de comportamientos dependiendo de la interacción portainjerto-cultivar. Las combinaciones variedad/portainjerto más vigorosas resultan generalmente más exigentes en frío y por ello en una mayor desuniformidad de brotación (Zoppolo et al., 2015).

En general no se reconoce a las raíces como un sitio primario para el control de la latencia. Se plantea que en condiciones de inviernos con poco frío las raíces pueden crecer durante todo el invierno mientras que la parte superior permanece totalmente inactiva (Erez y Couvillon, 2000). Melgarejo (1996), menciona que la actividad del sistema radicular se prolonga dos a tres semanas después de la parada otoñal y se inicia la actividad dos a tres semanas antes del desborre. Agustí (2014), concuerda con lo anterior y lo atribuye a la diferencia entre la temperatura del suelo y del aire. El reposo invernal de las raíces es más corto que el manifestado por la parte vegetativa.

Cuadro No. 3. Requerimientos de frío de algunos portainjertos utilizados en manzanos

REQUERIMIENTOS DE FRÍO	PORTAINJERTOS
Muy bajo	Patrones indonésicos
Bajo	M26, M27, B9
Alto	MM104, MM106
850 unidades	M9

Fuente: tomado de Peereboom Voller y Yuri (2004).

2.4.3. Diferencias según la ubicación de la yema en la planta

Las yemas terminales tienen un requerimiento de frío menor que las yemas laterales y las yemas florales o mixtas tienen un requerimiento menor de frío que las yemas solo vegetativas (Erez y Couvillon, 2000, Petri, 2014). Además las yemas que forman las hojas primarias de los dardos son las que tienen la mayor exigencia de frío (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

En manzano las yemas terminales del brote son más exigentes en frío que las yemas terminales de los dardos (Frías, 2006).

Manzi (2007), aplicando diferentes compensadores de frío en manzanos, concluyó que los porcentajes de brotación de yemas terminales fueron mayor a los de las yemas laterales independientemente del momento de aplicación de los compensadores de frío. Por otra parte no encontró diferencias en los porcentajes de brotación entre yemas vegetativas y yemas reproductivas para las mismas fechas de aplicación de los compensadores de frío. Los diferentes compensadores de frío no adelantaron ni retrasaron la brotación en los distintos tipos de yema. Analizando el porcentaje de brotación de las yemas según la edad de la madera en que se encontraban, no existió adelanto diferencial en la brotación de yemas ubicadas en ramas de 1 año de edad y las otras ubicadas en ramas de 2 y más años para ninguno de los tratamientos y en todas las fechas de brotación evaluadas.

Palladini y Petri (1999), evaluando el porcentaje de brotación de yemas en manzano del cultivar Gala con diferentes volúmenes de caldo y diferentes dosis combinadas de aceite mineral y cianamida hidrogenada, concluyen que en la brotación de las yemas terminales tuvo menos efecto tanto el volumen de caldo aplicado como las diferentes combinaciones de aceite mineral y cianamida hidrogenada. Esto es debido a la mayor facilidad que tienen las yemas terminales para brotar gracias a su menor requerimiento de frío invernal comparado con las yemas laterales.

Resultados en ensayos realizados por Petri (2014), concluyen que las yemas apicales brotaron en un porcentaje mayor al 95% independientemente del momento de aplicación de los compensadores de frío mientras que en las yemas laterales las aplicaciones tempranas de compensadores de frío lograron un 50% de brotación. Se afirma el concepto de que los compensadores de frío deben ser aplicados luego de que las yemas se encuentren en s-endodormición para obtener mejores resultados en porcentaje de brotación.

2.5. EFECTOS DE LA FALTA DE FRÍO EN LA PLANTA Y EN LA CALIDAD DE LA FRUTA

Según Agustí (2004), los principales efectos de la falta de frío invernal son el retraso de la apertura de yemas, brotación irregular y dispersa y caída de yemas.

Petri (2014), menciona que cuando los frutales se cultivan en regiones con inviernos amenos donde los requerimientos de frío no se satisfacen totalmente, las plantas tienen una brotación y florecimiento erráticos, además las fechas de brotación y floración se retrasan comparando con lugares con inviernos fríos. La fecha de brotación varía entre años dependiendo de la cantidad de frío ocurrido y la falta de frío trae como consecuencias en la planta:

- la formación de estructuras de producción de baja calidad
- la reducción del área foliar
- la disminución en el número de flores y deformaciones en estas
- el envejecimiento precoz de la planta
- alteración del ciclo de crecimiento de la planta

Según Peereboom Voller y Yuri (2004), los efectos principales de la falta de frío en la planta son:

- pobre y tardía brotación
- pocos dardos
- retraso y prolongación del período de floración
- retraso en la entrada en producción del árbol
- excesivo uso de reservas
- poco desarrollo foliar
- maduración irregular de la fruta

Todas estas alteraciones al normal desarrollo de la planta a causa de la insuficiencia en la acumulación de frío traen como consecuencia una disminución en la producción de la planta a futuro y en la presente temporada. Además la falta de frío invernal afecta algunos parámetros de calidad en la fruta tales como

tamaño, color, firmeza, aparición de russet y desordenes relacionados con deficiencia de calcio (Peereboom Voller y Yuri, 2004).

Los autores antes mencionados describen también efectos de la falta de acumulación de frío invernal en la calidad de fruta. Peereboom Voller y Yuri, (2004) plantean los siguientes aspectos:

- menor tamaño debido a una menor brotación de la planta
- pobre coloración a causa de menor disponibilidad de carbohidratos para nutrirla
- baja firmeza por una menor densidad celular en los tejidos en formación
- aumento de russet pedicelar a causa de niveles bajos de giberelinas disponibles por una menor cantidad de hojas en los dardos

Petri (2014), menciona como alteraciones en fruta:

- acortamiento y deformación del pedúnculo
- el aumento en la intensidad del russeting
- frutos de forma achatada y sin resaltar los lóbulos

2.6. MANEJO DE LA DORMICIÓN

En regiones de clima templado en el período invernal, la aplicación de productos inductores de la brotación acompañados con prácticas culturales de manejo del monte frutal son alternativas para resolver la problemática de la falta de frío. Entre las prácticas culturales que ayudan a la salida de la dormición encontramos la poda, el arqueado de ramas, la defoliación y como herramientas químicas contamos con diversos productos con demostrada eficiencia en la ruptura de la dormición como son el nitrato de potasio, el aceite mineral y la cianamida hidrogenada (Petri, 2014).

A continuación se describen algunas prácticas culturales y productos químicos utilizados para la mejora en la salida de la dormición.

2.6.1. Prácticas culturales

La poda y el arqueado de ramas son medidas que ayudan a mejorar la inducción a la brotación (Petri et al., 2016). La poda de despunte rompe con la dominancia apical con lo cual se favorece la brotación de yemas laterales, el arqueado de las ramas tiene un efecto similar al estimular las yemas laterales que están inhibidas por la misma dominancia (Melgarejo, 1996).

Podas tempranas en el invierno hacen que se estimule la brotación de una a dos yemas superiores retomándose la dominancia apical. Cuanto más tarde se realice la poda se mejorará la brotación de yemas laterales. La poda de verano es más deseable en los subtropicos ya que no tiene efecto vigorizante (Erez y Couvillon, 2000).

Otra práctica que promueve la entrada en dormición es la defoliación anticipada (Zoppolo et al., 2015). Según Melgarejo (1996), la defoliación química puede realizarse con la aplicación de algún producto caustico que determine la caída del follaje. Se han utilizado con éxito el sulfato de zinc al 5% en agua, lográndose abscisión total a las 24 horas. También la cianamida de calcio en espolvoreo a razón de 20kg/ha, el sulfato de amonio al 5% en agua y el ácido (2-cloroetil) fosfónico al 1% en solución acuosa. Todos ellos con buenos resultados. Erez y Couvillon (2000) mencionan que la defoliación química a principios de otoño puede ser beneficiosa si no se aplica tan pronto como para evitar accidentalmente la inactividad, por lo cual la aplicación debe hacerse al inicio de la endodormición y no antes.

Los árboles que continúan creciendo fuera de época son los que entran más tarde en reposo por lo cual son los que tienen más riesgo de no cubrir sus necesidades de frío, la suspensión temprana del riego y evitar la fertilización nitrogenada tardía son prácticas que evitan estirar la entrada en reposo del árbol (Melgarejo, 1996).

2.6.2. Métodos químicos

En años donde la acumulación de frío se ve afectada, se torna indispensable como estrategia de manejo del monte la aplicación de productos que ayuden a la planta a salir de la dormición y estimulen la brotación de las

yemas. Estos productos son conocidos como compensadores de frío y entre ellos se encuentran los aceites minerales, la cianamida hidrogenada, polisulfuro de calcio, aminoácidos con diferentes formas de nitrógeno y calcio, entre otros (Zoppolo et al., 2015).

El uso de sustancias químicas para la ruptura de la dormición es una técnica agronómica muy utilizada en zonas donde el frío no es suficiente para lograr los requerimientos varietales. El efecto de los productos aplicados y su fitotoxicidad dependen del estado y profundidad de la endodormición. La correcta determinación del momento más oportuno para realizar la aplicación es la problemática a resolver (Sozzi et al., 2007).

Además del estado y profundidad de la endodormición en la planta, entran en juego otros factores a tener en cuenta para mejorar la eficiencia en la utilización de los compensadores de frío. Estos son, conocer las características del cultivar a tratar, el vigor de la planta, la época de aplicación y la concentración de los inductores de brotación. La fecha de aplicación de los compensadores de frío influye sobre la intensidad y la fecha de brotación y floración. La concentración de los productos aplicados depende de la intensidad de frío ocurrido, la necesidad de frío del cultivar y la época de aplicación de los compensadores. Aplicándose concentraciones más altas en fechas de aplicación tempranas y cuando el frío ocurrido es escaso (Petri, 2014).

El dinitro-orto-cresol (DNOC), dinitro-orto-butil-fenol (DNOBP), calciocianamida, thiourea, aceite mineral, nitrato de potasio, thidiazuron y cianamida hidrogenada, utilizados aislados o en combinaciones han sido utilizados en aplicaciones con relativo éxito en la ruptura de la dormición en manzanos. A pesar de la alta eficiencia de algunos de estos promotores de brotación, algunos muestran una alta toxicidad lo cual es un problema para su utilización (Petri, 2014).

Cuadro No. 4. Principales reguladores de crecimiento utilizados en la inducción de la brotación en la fruticultura de clima templado.

Producto	Dosis	Época de aplicación
Aceite mineral	3 al 5%	Yema hinchada
Cianamida hidrogenada- Dormex	0,5 al 2%	
TDZ	12 a 25 grs/100lts	
Nitrato de potasio	5 al 10%	
Syncron	2 al 3%	
Erger	3 al 5%	

Fuente: adaptado de Petri et al. (2016).

Cuadro No. 5. Alternativas para inductores de brotación en manzanos de clima templado.

Producto	Dosis
Aceite mineral	3 al 5%
Aceite mineral + esparcidor siliconado	3 al 5% + 0,03 al 1,2%
Aceite mineral + Dormex	3 al 4% + 0,3 al 1,2%
Erger + Nitrato de calcio	3 al 5% + 3 al 5%
Erger + Aceite mineral	1 a 1,5% + 3,5%
Syncron + Nitrato de calcio	2 a 3% + 3 a 5%
Syncron + Aceite mineral	0,7 a 1,5% + 3 a 5%
Nitrato de potasio	7 a 10%
Aceite mineral + Nitrato de potasio	3 a 4% + 7 a 10%
Aceite mineral + mezcla sulfocálcica	3 a 4% + 1 a 2%

Fuente: tomado de Petri et al. (2016).

Severino et al. (2012), concluyen que los efectos obtenidos en la utilización de diferentes compensadores de frío en las condiciones del Sur de Uruguay para las variedades Red Chief y Granny Smith, se relacionó más al momento de aplicación de los compensadores de frío que a las características del producto aplicado. Las aplicaciones tempranas determinaron un adelantamiento de la brotación pero no un aumento. Las aplicaciones tardías presentaron aumentos en el porcentaje de brotación final y una mayor concentración de la misma.

2.6.2.1. Aceites minerales

La aplicación de aceite mineral produce anaerobiosis temporal en la yema, con lo cual se eleva la producción de etanol que es responsable de la superación de la dormición (Petri et al., 2016).

Aparte de la concentración de aceite mineral que se decide aplicar, el efecto de éste depende de las temperaturas prevalecientes durante la aplicación y en los siguientes siete a diez días, donde una alta temperatura diurna es esencial para un buen efecto. La cubierta de aceite aplicada hace que se produzca una privación de oxígeno en la yema, la condición anaeróbica temporal conduce a la producción de etanol que es responsable de la ruptura de la latencia (Erez y Couvillon, 2000).

Marchi et al. (2017), en ensayo con plantas de Fuji Suprema y Gala Real II con portainjerto Marubakaido y filtro de M9, concluyen que la aplicación mezcla de aceite mineral al 2% y aceite vegetal emulsionable al 4% induce la brotación, reduce el vigor de la planta y concentra y anticipa la floración en el cultivar Fuji Suprema. Además aumenta el número de frutos por planta. Para el cultivar Gala Real II esta mezcla fue menos eficiente que la aplicación de cianamida hidrogenada al 2% más aceite mineral al 4%.

2.6.2.2. Cianamida hidrogenada

La cianamida hidrogenada es uno de los productos más utilizados en zonas subtropicales para romper la dormición en frutales. Su modo de acción parece estar relacionado al desbloqueo de la movilización de sustancias de reservas y al incremento en el metabolismo de las pentosas-fosfato. Hay evidencias de que H_2CN_2 adelanta el incremento natural de las concentraciones de citoquininas en el xilema del manzano (Sozzi et al., 2007). Para Beauvieux et al. (2018), el efecto de la cianamida hidrogenada está relacionada a la generación de estrés oxidativo a causa de un aumento de H_2O_2 en las yemas.

En ensayos realizados en pomáceas se obtuvieron resultados contradictorios para diferentes años y diferentes ubicaciones, con respecto a la aplicación de cianamida en una especie o incluso en un cultivar. La principal

causa de esos resultados variables parece ser el estado de endodormición de los brotes al momento de realizar la aplicación (Erez y Couvillon, 2000).

Dos usos importantes de la cianamida son: el de adelantar la maduración del fruto (al realizar aplicaciones tempranas se logra obtener brotación anticipada y precocidad en cosecha) y mejorar la coincidencia de la floración cuando los cultivares de polinización cruzada no florecen juntos (la aplicación avanza la floración del cultivar de floración tardía) (Erez y Couvillon, 2000).

El efecto fitotóxico de la cianamida aumenta luego de la liberación de la endodormición por parte de las yemas. Para evitar daño a las mismas es esencial evitar la aplicación tardía de dicho químico, el monitoreo de la acumulación de frío y la comparación de los requerimientos de frío del cultivar usando modelos climáticos es esencial para el uso de este compensador de frío en forma correcta (Erez y Couvillon, 2000).

Una hipótesis sobre la regulación del estado de dormición, es que está regulado por la alteración de la actividad de la enzima catalasa. Ensayos con diferentes aplicaciones de compensadores de frío en manzano mostraron que la actividad de la enzima catalasa en las yemas del manzano disminuyó luego de 24hs de aplicado cianamida hidrogenada junto con aceite mineral. Esta reducción fue del 48% para las variedades Fuji Suprema y Gala Real II para la zafra 2013/14 y de 39% y 55% en Gala Real II y Fuji Suprema respectivamente para la zafra siguiente. Por otro lado la aplicación de aceites minerales mezclados con aceites vegetales emulsionables no tuvo variantes respecto a la actividad de la enzima. Se le atribuye a la cianamida hidrogenada el efecto en la enzima catalasa (Marchi et al., 2017).

2.6.2.3. Combinación aceite mineral y cianamida hidrogenada

Con la utilización de aceite mineral combinado con cianamida hidrogenada, la dosis de cianamida puede ser menor sin afectar la eficiencia del tratamiento pero se reducen los costos en la aplicación (Petri et al., 2016). Iuchi et al. (2002), mencionan que la aplicación conjunta de cianamida hidrogenada al 0,25% más aceite mineral al 3% proporciona una brotación de yemas laterales equivalentes a la aplicación de cianamida hidrogenada sola con una dosis entre 1 y 1,5%.

Erez y Couvillon (2000), encontraron buenos resultados en la compensación de frío con la utilización mezcla de aceite y cianamida, la concentración con mejores resultados fue la de cianamida al 0,25% y aceite al 2%. Ensayos realizados mostraron que la brotación en manzanos con la aplicación de aceite al 4% y cianamida al 0,25% fue mejor que la aplicación de aceite-DNOC. La aplicación mezcla en el tanque de la cianamida y el aceite fue tan eficaz como la aplicación por separado.

Ensayos realizados en Brasil, mostraron que la aplicación de cianamida hidrogenada al 2% más aceite mineral al 4% para Gala Real II y al 2% para Fuji Suprema, resultó ser la combinación con mayor porcentaje de yemas brotadas, independientemente del cultivar, la ubicación de la yema y el momento de evaluación (Marchi et al., 2017).

Iuchi et al. (2002), ensayando con plantas jóvenes y adultas de la variedad Fuji, con igual aporte de horas de frío, obtuvo diferente respuesta ante el tratamiento combinado de cianamida hidrogenada (CH) más aceite mineral (AC). Las plantas jóvenes tuvieron el mayor porcentaje de brotación de yemas laterales con una dosis de 0,56% CH + 3% AC y las adultas con 0,42% CH + 2% AC. Esta diferencia se atribuye al mayor vigor de las plantas jóvenes las cuales exigen mayor acumulación de frío.

Palladini y Petri (1999), evaluando el porcentaje de brotación de yemas del cultivar Gala a diferentes dosis de aceite mineral (AC) combinado con cianamida hidrogenada (CH) (30l/ha AC + 3l/ha CH y 50l/ha AC + 5l/ha CH), y distintos volúmenes de caldo (340l/ha, 450l/ha, 1000l/ha y 1350l/ha), concluyen que en las cuatro zafas evaluadas, los tratamientos con AC + CH siempre obtuvieron mayor porcentaje de brotación de yemas tanto laterales como terminales, comparado con el testigo sin tratamiento. Este ensayo muestra que es posible utilizar con la misma eficiencia en el porcentaje de brotación de yemas, cualquiera de los volúmenes de caldo y concentraciones de compensadores de frío utilizadas, excepto el volumen de 340l/ha con 30l/ha de AC + 3l/ha de CH, en años con menos de 800 UF (modelo Carolina del Norte). En años con menos de 800 UF la dosis de AC + CH fue el factor más importante en variar el porcentaje de brotación de las yemas. La dosis debe basarse en la cantidad de frío acumulado por las yemas en invierno, aumentando la dosis a medida que disminuye en número de UF acumuladas.

2.6.2.4. Otros productos

Aplicaciones de nitrato de potasio favorecen la ruptura de la dormición y el efecto puede atribuirse a que los iones NO_3^- y K^+ modulan positivamente la síntesis de citoquininas (Sozzi et al., 2007).

El encalado total de los árboles consiste en aplicar agua con cal a los mismos para cubrir las yemas con una película de color blanco, este color hace que refleje la radiación solar con el objetivo de disminuir el calentamiento de las yemas y así conseguir una temperatura más fresca (Melgarejo, 1996).

La utilización de agua como método de enfriamiento por evaporación puede mejorar la acumulación de frío principalmente al disminuir la temperatura de la yema durante el día y evitar la desacumulación de frío provocado por temperaturas altas. El método consiste en rociar la planta con agua durante el día y de esta forma disminuir la temperatura de la yema que está expuesta a la radiación solar. Experimentalmente se demostró que la temperatura de la yema puede disminuir de 24 a 16°C (Erez y Couvillon, 2000).

2.6.3. Combinación de métodos no dejando llegar a la yema a la endodormición.

Con el hallazgo de que la yema antes de llegar a la etapa de endodormición profunda puede completar su desarrollo y brotar sin necesidad de pasar por dicha etapa, en los trópicos donde el clima es regular durante todo el año se puede realizar la fruticultura de hoja caduca en zonas altas donde la temperatura es más baja. Para lograrlo según Erez y Couvillon (2000), se deben cumplir dos requisitos:

-Cultivar los árboles bajo condiciones climáticas bastante frías. Esto es necesario para obtener fruta de calidad y para la diferenciación normal de yemas florales.

-Iniciar un ciclo de cultivo artificialmente antes de la aparición de la endodormición en las yemas. Para esto se necesitan utilizar una combinación de prácticas para el manejo de la dormición que involucran, la defoliación completa del árbol, la desecación seguida de riego y la aplicación de químicos que rompen la latencia.

Los ciclos productivos en estas zonas son de menos de un año (Erez y Couvillon, 2000).

2.7. MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DEL FRÍO INVERNAL

La necesidad de cuantificar el frío invernal es fundamental por dos razones; definir los requisitos de frío de una variedad particular y definir la acumulación de frío que se da en un lugar específico (Erez y Couvillon, 2000).

Otros factores como la oscilación térmica a lo largo del día durante el invierno, la radiación solar, la iluminación, la humedad del suelo y del aire, el tipo de suelo, entre otros, son factores ecológicos que influyen también en la salida de la dormición de los frutales. En forma práctica utilizar el factor temperatura en los modelos para hacer el seguimiento del estado de dormición de los frutales, parece lo más razonable mientras no se postule un modelo que integre los otros factores climáticos antes mencionado (Melgarejo, 1996).

Severino et al. (2011), mencionan que es necesario ajustar los datos de temperatura utilizados en las cuantificaciones a la temperatura que está expuesta la yema. Las precipitaciones, la humedad relativa, la radiación incidente y la velocidad del viento son variables climáticas que afectan a la temperatura de la yema y pueden contribuir al ajuste de los datos de temperatura utilizado en los modelos de cálculo y así mejorar la predicción de los mismos.

2.8. EFICIENCIA DE LOS MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE FRÍO EVALUADOS EN URUGUAY

En nuestro país, INIA aporta información sobre la ocurrencia de frío invernal según los datos de temperatura registrados en las estaciones meteorológicas Las Brujas y Salto Grande. A las cuantificaciones obtenidas por los modelos de horas de frío y unidades de frío UTHA tradicionalmente publicados, se han adicionado desde la temporada 2020 las porciones de frío según el modelo dinámico (INIA, s.f.). Por su parte la Facultad de Agronomía (Universidad de la República) publica las cuantificaciones del modelo dinámico desde el invierno 2018 a los efectos de divulgar la cuantificación de frío realizada con este modelo y aportar al criterio de decisión de técnicos y productores (Udelar. FA, 2020).

Por otra parte Severino et al. (2012), concluye que de los trabajos realizados hasta el 2012 no surge un modelo de cuantificación de frío adecuado en función de todos los criterios de comparación. El modelo dinámico se muestra el más promisorio. Martinelli (2016), evaluando los resultados obtenidos en su ensayo y los proporcionados por Severino et al. (2012), afirma que en los tres años de evaluación de los modelos, el modelo dinámico es el modelo que mejor explicaría el requerimiento de frío de los montes de manzanos en Uruguay.

En el año de estudio de este trabajo, Martinelli (2016) determina las fechas de inicio y fin de la endodormición para 'Gala' y 'Red chief'. En la variedad gala el inicio de la endodormición fue el 8 de junio y el final de la misma utilizando el método de tasa de brotación fue el 30 de agosto, para la variedad red chief el inicio de la endodormición fue del 29 de mayo y el final fue el 6 de setiembre. En el cuadro No.10 se muestra la cuantificación de frío ocurrido durante la endodormancia de cada variedad según el modelo de frío utilizado.

Cuadro No. 6. Requerimientos de frío según tasa de brotación.

Cultivar	Inicio de acumulación de frío	Fin endodormición (tasa brotación)	THA	Horas de frío	Carolina del norte	Modelo dinámico
Gala	8-junio	30-ago	944	629	1154	50,1
Red chief	29-mayo	6-set	1036	662	1318	56,1

Fuente: adaptado de Martinelli (2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo fue realizado durante la temporada 2013-2014 en uno de los predios del establecimiento frutícola Pizzorno, ubicado en ruta 32 km 26,500 en la zona de Canelón Chico, departamento de Canelones.

Se evaluaron dos montes de manzanos (*Malus domestica* Borkh), el primero corresponde a la variedad Maxi Gala sobre portainjerto Malling 9 (M9), ubicado en LS 34°40';LW 56°10', y el segundo a la variedad Red Chief sobre portainjerto franco, ubicado en LS 34°40';LW 56°09'. La distancia entre ensayos fue de 330 metros.

La elevación sobre el nivel del mar de los montes de Maxi Gala y Red Chief en promedio es de 56 y 52 metros respectivamente.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MONTES EVALUADOS

El monte de manzanos variedad Maxi Gala fue plantado en el año 2009, la edad al momento del ensayo fue de 4 años con un marco de plantación de 4 x 1 metros y una densidad de 2500 plantas/ha. La altura promedio de estas plantas es de 3 metros, un ancho de copa de 1,6mts y un sistema de conducción de eje central.

El monte de manzanos variedad Red Chief fue plantado en el año 1999, la edad al momento del ensayo fue de 14 años con un marco de plantación de 5 x 1,5 metros y una densidad de 1300 plantas/ha. La altura promedio de estas plantas es de 3,5 metros, un ancho de copa de 3mts y un sistema de conducción de líder central.

3.3. TRATAMIENTOS REALIZADOS

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

-aceite mineral emulsionable 4.0% (YPF)

-aceite mineral emulsionable 2.0% (YPF) más cianamida hidrogenada 1% (Dormex)

-polisulfuro de calcio al 6% (Agrofure)

-testigo sin aplicación de compensadores de frío

Los tratamientos fueron aplicados hasta punto de goteo, con un gasto de 850 l/ha en el monte de Maxi Gala y 1450 l/ha en el monte de Red Chief.

La fecha de 50% de caída de hoja para el monte de Maxi Gala fue el 8 de junio y para el monte de Red Chief el 29 de mayo.

Se realizaron dos momentos de aplicaciones: el primer momento de aplicación se realizó el 6 de agosto (696 UF en Maxi Gala y 757 UF en Red Chief) y el segundo momento de aplicación se realizó el 31 de agosto (932 UF en Maxi Gala y 993 UF en Red Chief).

El manejo de las plantas del ensayo se desarrolló en forma comercial, cubriendo las plantas del ensayo cuando se realizaron las aplicaciones de aceite y polisulfuro de calcio al resto del monte.

En los cuadros No.7, 8 y 9 se detallan las características de los productos compensadores de frío aplicados.

Cuadro No. 7. Características DORMEX.

TIPO DE PRODUCTO	Regulador de crecimiento, concentrado soluble
INGREDIENTE ACTIVO	Cianamida hidrogenada estabilizada
CONCENTRACIÓN	49% en peso

Fuente: tomado de BASF (s.f.).

Cuadro No. 8. Características aceite mineral emulsionable YPF.

PRINCIPIO ACTIVO	Aceite mineral 83,23g
EMULSIONANTE	c.s.p. 100ml

Fuente: tomado de YPF Agro (s.f.).

Cuadro No. 9. Características del polisulfuro de calcio AGROFUR.

INGREDIENTE ACTIVO	Azufre de polisulfuro 23g
INERTES	100ml

Fuente: tomado de AGRO ROCA (s.f.).

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño del ensayo en el monte de manzanos variedad Maxi Gala fue de bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones, donde cada unidad experimental estaba constituida por 2 árboles. La fecha de aplicación del 6 de agosto se pudo realizar completa (3 repeticiones) y solo se pudieron completar 2 repeticiones para la fecha de aplicación 31 de agosto. La repetición faltante se estimó en base a las cuatro ramas de las dos repeticiones existentes, considerando el efecto del bloque. Los tratamientos fueron la aplicación de 3 productos compensadores de frío en 2 momentos diferentes y un testigo sin aplicación de compensadores de frío. Del eje del árbol se seleccionó un lateral, sobre el cual se efectuaron las evaluaciones de los estados fenológicos de las yemas en las fechas 22 y 28 de setiembre y 5 y 12 de octubre.

El diseño del ensayo en el monte de manzanos variedad Red Chief fue de bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones para cada fecha de aplicación, donde la unidad experimental estaba constituida por 1 árbol. Los tratamientos fueron la aplicación de 3 productos compensadores de frío en 2 momentos diferentes y un testigo sin aplicación de compensadores de frío. Del líder del árbol se seleccionó un lateral, sobre el cual se efectuaron las evaluaciones de los estados fenológicos de las yemas en las fechas 22 y 29 de setiembre y 6 y 12 de octubre.

Se utilizaron 2 árboles como unidad experimental en la variedad Maxi Gala debido al menor tamaño de planta existente en relación a las plantas de Red Chief. En esta última variedad con 1 solo árbol como unidad experimental aseguramos tener la cantidad de ramas necesarias para realizar la evaluación de brotación de las yemas.

El análisis estadístico fue realizado en el programa estadístico R, mediante la función glm (family = binomial) debido a la distribución de los datos.

3.5. VARIABLES EVALUADAS

3.5.1. Brotación

Tanto en la variedad Maxi Gala como en Red Chief se seleccionaron un lateral por árbol para realizar las evaluaciones de brotación de las yemas. Se registraron en forma separada los valores de los distintos estados fenológicos de yemas ubicadas en las brindillas y de yemas ubicadas en dardos y lamburdas. Las evaluaciones fueron semanales comenzando el 22 de setiembre y finalizando el 12 de octubre con un total de cuatro evaluaciones. El estado fenológico para cada yema se registró según la siguiente escala:

Cuadro No. 10. Estados fenológicos de yemas reproductivas y vegetativas.

Estado fenológico	Yema reproductiva	Yema vegetativa
1	Yema dormida	
2	Punta plateada y punta verde	
3	Aparición de corimbo floral	Aparición de hojas
4	Pétalos visibles (puntas rojas)	1 a 2 hojas expandidas
5	Floración	3 a 4 hojas expandidas
6	Caída de pétalos	Más de 4 hojas expandidas
7	Cuajado de frutos	Brote completamente formado

A partir de los datos registrados se calculó:

- porcentaje de brotación total [(número de yemas brotadas/número de yemas totales)*100].
- porcentaje de brotación de las yemas según la ubicación de las mismas. Se identificaron 2 categorías: yemas ubicadas en ramas de un año de edad (brindillas), yemas en ramas de más de dos años de edad.

4. RESULTADOS

4.1. BROTAÇÃO SEGÚN FECHA DE APLICACIÓN DE COMPENSADORES DE FRÍO

La variable porcentajes de yemas brotadas no mostró interacción producto x momento por lo que en adelante se analizarán los efectos principales momento de aplicación y producto aplicado.

Los porcentajes de brotación de yemas en la variedad Red Chief fueron superiores a los registrados en la variedad Maxi Gala para las dos fechas de aplicación de los compensadores de frío y en todas las fechas de evaluación como se observa en la figura No.2.

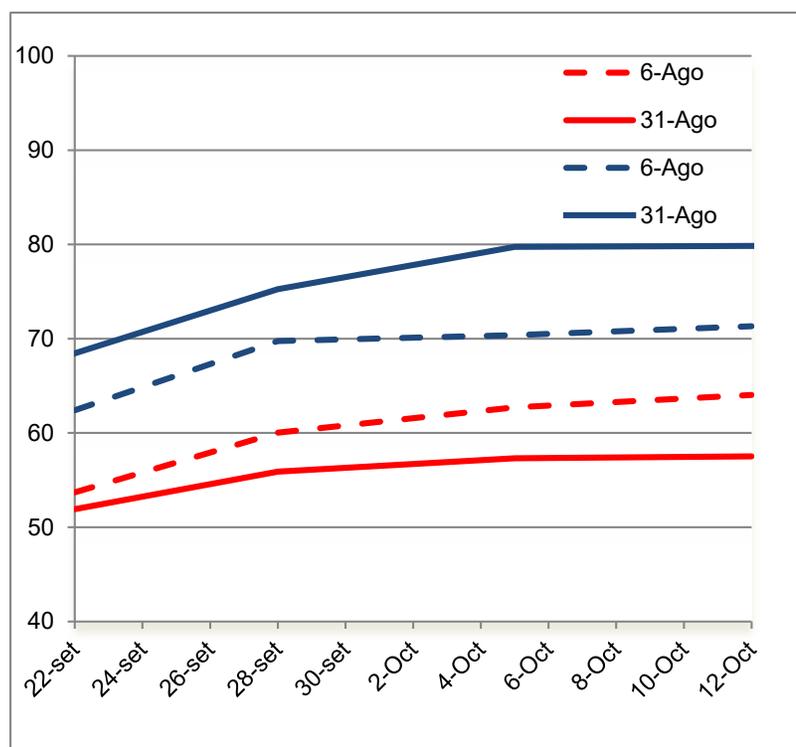


Figura No.2. Evolución de los porcentajes de brotación en yemas de manzano Maxi Gala (color rojo) y Red Chief (color azul) según las fechas de aplicación de los compensadores de frío.

En la variedad Maxi Gala la fecha de aplicación de los compensadores de frío no mostró diferencias significativas. En la variedad Red Chief se

presentaron porcentajes mayores de brotación de yemas en la aplicación realizada más tarde aunque solo las dos últimas fechas de evaluación alcanzaron diferencias estadísticamente significativas (6 y 12 de octubre).

Cuadro No. 11. Porcentaje de brotación de yemas en la variedad Red Chief según la fecha de aplicación de los compensadores de frío para las dos últimas fechas de evaluación.

Fecha aplicación	Evaluación 6 de octubre	Evaluación 12 de octubre
31-agosto	79,74 a	79,85 a
6-agosto	70,38 b	71,32 b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Por otra parte la evolución en el porcentaje de brotación de yemas es muy similar para las dos fechas de aplicación tanto en Maxi Gala como en Red Chief.

4.2. BROTAÇÃO SEGÚN LOS COMPENSADORES DE FRÍO APLICADOS

En la variedad Red Chief el porcentaje de yemas brotadas, según el compensador de frío utilizado, fue siempre mayor al de la variedad Maxi Gala como se muestra en la figura No.3. En las dos variedades el porcentaje máximo de yemas brotadas se alcanzó con la aplicación de Dormex con aceite, con porcentajes del 81 y 65,6 para la variedad Red Chief y Maxi Gala respectivamente. En esta última variedad la aplicación combinada obtuvo diferencias significativas respecto al testigo solo en la evaluación final el 12 de octubre. En la variedad Red Chief no hubo diferencias significativas con la utilización de los distintos compensadores de frío.

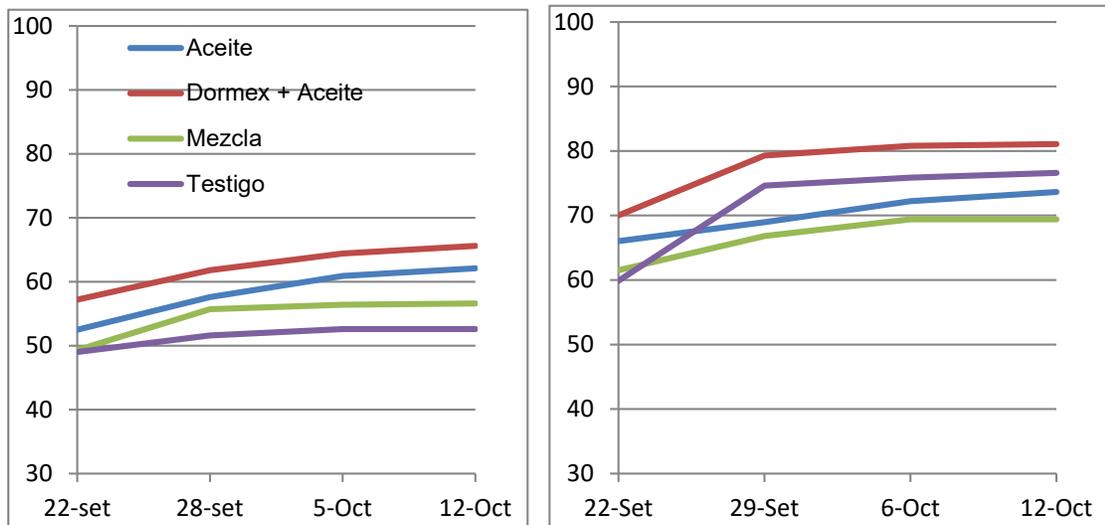


Figura No.3. Evolución de los porcentajes de brotación en yemas de manzano Maxi Gala (izquierda) y Red Chief (derecha) según los diferentes compensadores de frío aplicados.

Cuadro No. 12. Porcentaje de brotación de yemas en la variedad Maxi Gala según los compensadores de frío aplicados para la evaluación del 12 de octubre.

Compensador de frío	Porcentaje de brotación
Cianamida + Aceite	65,6 a
Aceite	62,1 ab
Mezcla	56,6 ab
Testigo	52,6 b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

4.3. BROTAÇÃO SEGÚN LOS COMPENSADORES DE FRÍO Y SUS DIFERENTES FECHAS DE APLICACIÓN

En la variedad Maxi Gala no se encontraron diferencias significativas en la utilización de los diferentes compensadores de frío y sus distintas fechas de aplicación. De todas maneras todos los tratamientos obtuvieron mayor porcentaje final de brotación con respecto al testigo como se observa en la figura No.4. La

aplicación de Dormex con aceite mineral en la fecha de aplicación más temprana obtuvo el mayor porcentaje de brotación seguido por la aplicación de aceite mineral en la misma fecha.

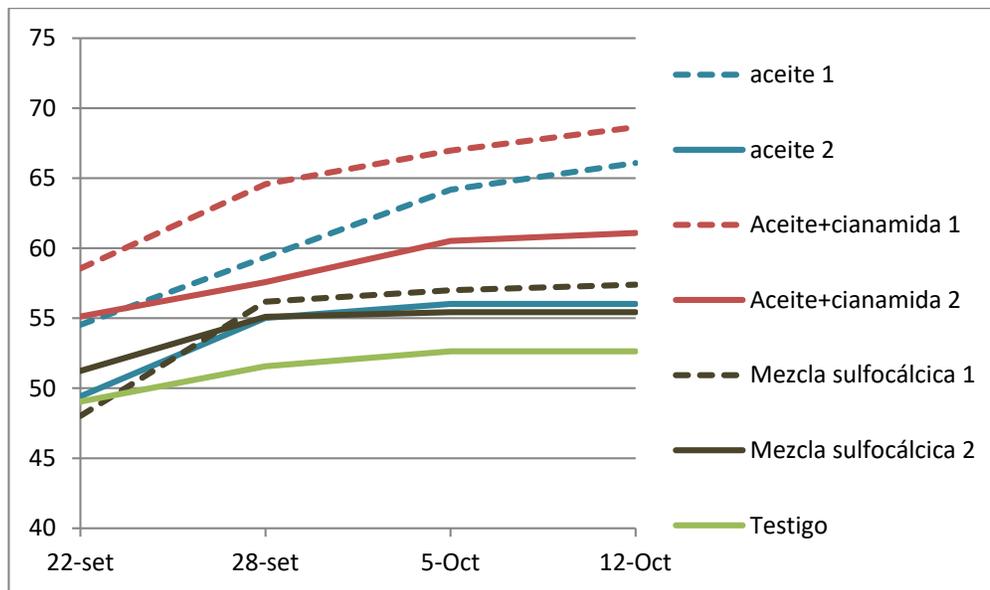


Figura No.4. Porcentaje de brotación de yemas según los distintos compensadores de frío y sus fechas de aplicación en la variedad Maxi Gala.

En la figura No.5. se observan los porcentajes de brotación para la variedad Red Chief según los distintos compensadores de frío y sus fechas de aplicación. Al igual que en la variedad Maxi Gala no existen diferencias significativas entre los tratamientos. La aplicación de Dormex con aceite mineral en la fecha de aplicación más tardía es la que tiene mayor porcentaje de yemas brotadas para todas las fechas de evaluación.

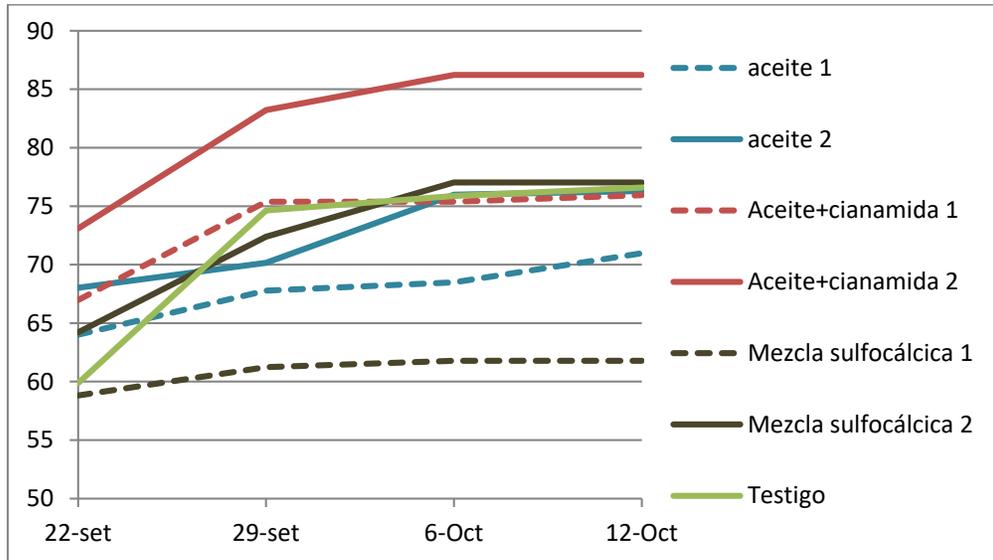


Figura No.5. Porcentaje de brotación de yemas según los distintos compensadores de frío y sus fechas de aplicación en la variedad Red Chief.

4.4. BROTAÇÃO SEGÚN LA POSICIÓN DE LAS YEMAS (SPUR Y BRINDILLAS)

Para las dos variedades estudiadas existen diferencias significativas en los porcentajes de brotación de las yemas según su ubicación. Los resultados muestran que las yemas ubicadas en brindillas brotaron en casi un 80% en la variedad Red Chief y un 65% en la variedad Maxi Gala, mientras que las yemas ubicadas en estructuras spur brotaron en un 70 y 55% en Red Chief y Maxi Gala respectivamente. Se observa una diferencia de brotación según la ubicación de la yema tanto en Red Chief como en Maxi Gala cercana al 10%.

Cuadro No. 13. Porcentaje de brotación de yemas según la ubicación de las mismas para las variedades Maxi Gala y Red Chief.

Tipo estructura de	Porcentaje de brotación Maxi Gala	Porcentaje de brotación Red Chief
Brindilla	64.76 a	79.93 a
Spur	55.16 b	70.02 b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Los resultados del ensayo respecto a la brotación de la variedad Maxi Gala en función de la fecha de aplicación de los compensadores de frío, no presentaron diferencias significativas (figura No.1). Según Martinelli (2016), en el estudio de requerimientos de frío realizado en los mismos cuadros y en simultáneo al presente ensayo, la variedad Maxi Gala completó sus requerimientos de frío el 6 de setiembre del 2013, alcanzando la mitad de las yemas brotadas en cámara. La aplicación de compensadores de frío realizada el 31 de agosto contaba con los requerimientos de frío de la variedad prácticamente cubiertos por el frío ocurrido en el invierno, motivo por el cual no se observaron resultados de la aplicación. Existen controversias sobre los requerimientos de frío de la variedad, Manzi (2007) y Soria (2009) tomaron como requerimientos de frío del cultivar Gala 300-400 unidades de frío, por otra parte, de acuerdo a la validación de variedades Soria et al. (2003), la variedad Mondial Gala tiene una exigencia de 625 unidades de frío. No obstante ello, la acumulación de frío en el invierno que se realizó el ensayo (696 y 932 unidades de frío para la primer y segunda fecha de aplicación) fue superior a todas las referenciadas por lo que puede considerarse que en dicho invierno el frío fue suficiente para la correcta salida de la dormancia de la variedad.

Por otro lado, el posible efecto de adelantar la brotación en la variedad Maxi Gala con la aplicación de los compensadores de frío en forma temprana no pudo ser determinada debido a que al momento de la primea evaluación la brotación estaba avanzada. Para esta variedad Manzi (2007), Severino (2008b) y Soria (2009), concluyen que los tratamientos aplicados tempranos durante la endodormición pueden adelantar el momento de brotación, mostrando mayor efecto con la cianamida hidrogenada.

En la variedad Red Chief se observaron diferencias significativas en los porcentajes de brotación de yemas según la fecha de aplicación de los compensadores de frío, en las dos últimas fechas de evaluación (Cuadro No.13). En el ensayo conducido por Martinelli (2016) se concluye que los requerimientos de frío de la variedad Red Chief no fueron cubiertos, registrando un 27% de yemas brotadas en cámara el 6 de setiembre del año 2013. La aplicación de compensadores de frío más tardía tuvo efectos positivos en la acumulación de frío de las yemas en esta variedad que es más exigente en frío que las variedades del grupo Gala. Esto concuerda con lo investigado por Manzi (2007), Severino

(2008a) y Soria (2009), donde los porcentajes de brotación final en yemas de manzanos fueron aumentados significativamente con las aplicaciones de los compensadores de frío en las fechas más tardías, cuando las yemas acumularon más frío.

En las aplicaciones de Dormex con aceite se observaron efectos adversos con pérdida de yemas y brotes. Esto concuerda con los resultados de Bound y Jones (2004), donde la aplicación de cianamida hidrogenada, incluso 40 días antes de la fecha de brotación, aumentó el porcentaje de brotes muertos o dañados. Además cuanto más cerca de la brotación de las yemas es realizada la aplicación con cianamida, la pérdida de brotes es mayor. Esto contrasta con los resultados de Manzi (2007), donde la cianamida hidrogenada aplicada tarde (13 días antes de que se diera el 56 % del total de las yemas que brotaron) no tuvo efectos fitotóxicos.

Sobre el efecto de los compensadores de frío aplicados, estos no mostraron diferencias significativas en Red Chief y solo hay diferencia con respecto al testigo en la aplicación combinada de Dormex y aceite en la última fecha de evaluación en la variedad Maxi Gala (figura No.2). Estos resultados se asemejan a los concluidos por Soria (2009), en donde todos los principios activos aplicados alcanzaron valores de brotación final iguales entre ellos y el testigo.

Por otro lado la interacción producto por momento no fue significativa en ninguna de las variedades ensayadas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Severino (2008b) y Soria (2009) para las variedades Granny Smith, Red Chief y Gala. Manzi (2007), trabajando con la variedad Royal Gala, reporta una interacción significativa entre producto y momento en el porcentaje de brotación. Dicho trabajo muestra que la aplicación de aceite mineral y Dormex a partir de las 430 unidades de frío acumuladas (momentos 2 y 3), logran un mayor porcentaje de brotación gracias a un aumento en la brotación de las yemas laterales, no existiendo diferencias entre dichos tratamientos.

Respecto a la brotación de las yemas según su ubicación, para las dos variedades estudiadas se observan diferencias significativas con porcentajes mayores de brotación en las yemas ubicadas en brindillas (Cuadro No.15). Esto contrasta con lo estudiado por Manzi (2007), donde no hubo diferencias significativas en la brotación de las yemas según la edad de la madera donde se encontraban ni en el tipo de yema (vegetativa o reproductiva).

6. CONCLUSIONES

- El frío acumulado por la variedad Maxi Gala al momento de la primera aplicación de los compensadores de frío fue suficiente para superar la endodormición y la aplicación temprana de compensadores no mostró diferencias en brotación respecto a la aplicación más tardía.
- En la variedad Red Chief, más exigente en frío, hubo diferencias significativas en los porcentajes de yemas brotadas en función de la fecha de aplicación del compensador. Aplicaciones en los momentos más tarde obtuvieron mayores porcentajes de brotación.
- Aplicaciones de cianamida hidrogenada con aceite causaron efectos fitotóxicos en las yemas.
- Los principios activos utilizados y sus momentos de aplicación no alcanzan diferencias significativas en los porcentajes de brotación final.
- En las variedades Maxi Gala y Red Chief se logran porcentajes mayores de brotación en yemas ubicadas en brindillas respecto a las ubicadas en estructuras spurs, con la aplicación de los compensadores de frío.

7. RESUMEN

Uno de los factores que influye en la calidad de la fruta y en los rendimientos de los montes de manzanos en Uruguay es la insuficiencia de frío invernal para que la planta pueda levantar la endodormición en forma adecuada. El objetivo de este trabajo consistió en determinar la respuesta de manzanos (*Malus domestica* B.) 'Maxi Gala' y 'Red Chief' a la aplicación de productos compensadores de frío, para promover la salida del estado de endodormición. Los tratamientos consistieron en la aplicación de aceite mineral emulsionable (4%), aceite mineral emulsionable (2%) + cianamida hidrogenada (1%) y polisulfuro de calcio (6%) en dos momentos. En la variedad Maxi Gala las aplicaciones se realizaron a las 696 y 932 UF para primer y segundo momento respectivamente y en Red Chief 757 y 993 UF. Las fechas de aplicación de los compensadores de frío fueron el 6 y el 31 de agosto, con un gasto de agua de 850 l/ha en Maxi Gala y 1450 l/ha en Red chief. El 50% de hoja caída en Maxi Gala fue el 8 de junio y en Red Chief el 29 de mayo. La respuesta de las plantas en tanto a su brotación fue evaluada entre el 22 de setiembre y el 12 de octubre. Para la variedad Maxi Gala no se registraron diferencias significativas en brotación en relación al momento de aplicación de compensadores de frío. En esta variedad, los requerimientos de frío ya estaban cubiertos al momento de la primer aplicación de compensadores. La variedad Red Chief, sin embargo, no completó sus requerimientos de frío al momento de las aplicaciones y los porcentajes de brotación mejoraron con la aplicación de los compensadores en la fecha más tardía. El porcentaje de yemas brotadas en esta variedad aumentó de 70,38 a 79,74 y de 71,32 a 79,85 en las evaluaciones del 6 y 12 de octubre respectivamente. En ambas variedades no se observaron diferencias en la brotación final según los principios activos utilizados. Tampoco hubo diferencias en la interacción producto- momento. Con respecto a la brotación de las yemas según su ubicación, existen diferencias significativas para las dos variedades estudiadas, brotando un 10% más las yemas ubicadas en brindillas con relación a las ubicadas en estructuras spur.

Palabras clave: aceites minerales; Cianamida hidrogenada; endodormición; brotación; Maxi Gala; Red Chief

8. SUMMARY

One of the factors influencing fruit quality and yields of apple orchards in Uruguay is the insufficient winter cold for the plant to adequately break endodormancy. The objective of this work was to determine the response of apple trees (*Malus domestica* B.) “Maxi Gala” and “Red Chief” to the application of cold compensating products, to promote the exit of endodormancy state. The treatments consisted in the application of emulsifiable mineral oil (4%), emulsifiable mineral oil (2%) with hydrogenated cyanamide (1%) and calcium polysulfide (6%) at two times. In the “Maxi Gala”, applications were made to 696 and 932 UF for the first and second moment, respectively, and in Red Chief at 757 and 993 UF. The applications dates of the cold compensators were August 6 and 31, with a water consumption of 850 l/ha in Maxi Gala and 1450 l/ha in Red Chief. 50% leaf fall in Maxi Gala was on June 8th and in Red Chief on May 29th. Budbreak responses were evaluated from September 22 to October 12. Referring to “Maxi Gala”, there were no significant differences in the time of application of cold compensators. The chilling requirements in this cultivar were already covered at the time of the first application of compensators. However, “Red Chief” did not complete its chilling requirements at the time of the applications and budbreak percentages improved with the application of compensators at the later date. The percentage of buds sprouted in this cultivar increased from 70,38 to 79,74 and from 71,32 to 79,85 in the evaluations of October 6 and 12 respectively. Considering both cultivars, no differences were observed in final budbreak according to the active ingredients used. There were also no differences in the product-timing interaction. In regard to bud break according to their structure, there were significant differences for both varieties studied, with 10% more buds break on one-year shoots than on spur structures.

Keywords: mineral oils; hydrogenated Cyanamide; endodormition; budbreak; Maxi Gala; Red Chief

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ackermann, M. N.; Díaz, A. 2016. Fruticultura: situación y perspectivas de la citricultura y los frutales de hoja caduca. (en línea). In: Anuario Opya 2016. Montevideo, MGAP. pp. 211 - 221. Consultado ago. 2022. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/anuario_opya_2016_en_baja.pdf
2. AGRO ROCA. s.f. Insecticida-acaricida-fungicida Agrofur, polisulfuro de calcio. (en línea). Río Negro. 1 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <http://www.agrorocasa.com.ar/agroinsumos/descargas/acaricidas/agrofur/marbeta.jpg>
3. Agustí, M. 2004. Fruticultura. Barcelona, Mundi-Prensa. 493 p.
4. _____. 2014. Fruticultura. 2a. ed. Barcelona, Mundi-Prensa. 507 p.
5. Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2a. ed. Madrid, McGraw-Hill. 651 p.
6. BASF. s.f. Dormex regulador de crecimiento. (en línea). Ciudad de México. 2 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://download.basf.com/p1/8a8082587fd4b608017fe081e96f0e9b/es/MX - Ficha Técnica - Dormex Product Data Sheet español.pdf?view>
7. Beauvieux, R.; Wenden, B.; Dirlwanger, E. 2018. Bud dormancy in perennial fruit tree species: a pivotal role for oxidative cues. (en línea). Frontiers in Plant Science. 9: 657. Consultado 11 ago. 2022. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00657/full>
8. Bound, S.; Jones, K. 2004. Hydrogen cyanamide impacts on flowering, crop load, and fruit quality of red 'Fuji' apple (*Malus domestica*). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 32(2): 227 - 234.

9. Chaar, J. E. 2013. Resistencia a heladas en plantas frutales. (en línea). Avances en Investigación Agropecuaria. 17(3): 109 - 121. Consultado 11 ago. 2022. Disponible en <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/sept/8.pdf>
10. Coque Fuertes, M. C.; Hernández, M. B.; García, J. C. 2012. El cultivo del manzano: variedades de sidra y mesa. Madrid, Mundi-Prensa. 221 p.
11. Erez, A.; Couvillon, G. 2000. Bud dormancy: a suggestion for the control mechanism and its evolution. *In*: Viémont, J. D.; Crabbé, J. eds. Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control. Wallingford, CABI. pp. 18 - 43.
12. Frías, M. 2006. Requerimiento de frío en frutales. Boletín técnico. 6(4): 3 p.
13. Hawerth, F. J.; Herter, F. G.; Petri, J. L.; Leite, G. B.; Martins, J. F. 2010. Dormencia em frutíferas de clima temperado. Pelotas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 56 p.
14. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). s.f. Variables agroclimáticas en estaciones INIA. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 4 dic. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Variables-clim%C3%A1ticas-INIA>
15. Iuchi, V. L.; Iuchi, T.; Brighenti, E.; Ditrich, R. 2002. Quebra da dormencia da macieira (*Malus domestica* Borkh) em Sao Joaquim-SC. Revista Brasileira de Fruticultura. 24(1): 168 - 174.
16. Lang, A.; Early, J. D.; Martin, G. C.; Darnell, R. 1987. Endo-, para-, and ecodormancy; physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience. 22(3): 371 - 377.
17. Los Álamos de Rosauer. s.f. Catálogo del productor. (en línea). Río Negro. s.p. Consultado mar. 2020. Disponible en

https://www.academia.edu/28880143/Catalogo_de_frutales_caducos_argentina

18. Manzi, M. 2007. Evaluación de diferentes tratamientos compensadores de frío en manzanos (*Malus domestica* Borkh.) Cv. "Royal Gala". Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 74 p.
19. Marchi, T.; Ribeiro, I.; Maia, A.; Jefferson, A.; Vasconcelos, R. 2017. Indução da brotação de gemas de macieiras com aplicação de óleos vegetais e mineral. *Revista Ciência Agronômica*. 48(3): 501 - 512.
20. Martinelli, L. 2016. El frío invernal como recurso para los frutales de hoja caduca en el sur del Uruguay: cuantificación para el 2013 y evaluación de modelos de estimación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 53 p.
21. Melgarejo, P. 1996. El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal: modelos y métodos para determinar la acumulación de frío y de calor en frutales. Madrid, Madrid Vicente. 166 p.
22. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Encuesta frutícola de hoja caduca zafra 2015. Montevideo. 27 p.
23. _____. 2017. Encuesta frutícola de hoja caduca zafra 2016. Montevideo. 22 p.
24. Neiva de Carvalho, R. I.; Zanette, F. 2004. Dinâmica da dormência de gemas de dois anos de macieira 'Imperial Gala' em região de baixa ocorrência de frio. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26(3): 392 - 394.
25. _____.; _____. 2005. Variações do conteúdo de carboidratos em gemas e ramos de dois anos de macieira em região de baixa ocorrência de frio. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 27(3): 352 - 354.

26. Palladini, L. A.; Petri, J. L. 1999. Eficiencia de diferentes volúmenes e concentraciones de calda para quebra de dormencia na macieira cultivar Gala. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 34(8): 1491 - 1495.
27. Peereboom Voller, C. F.; Yuri, J. A. 2004. Receso y calidad de fruta. *Boletín Técnico*. 4(3): 4 p.
28. Petri, J. L. 2014. Prácticas de manejo de quebra de dormencia em pomáceas. In: Seminario de Actualización Técnica en Frutales de Pepita (2014, Canelones). Trabajos presentados. Canelones, INIA. pp. 61 - 66. (Serie Actividades de Difusión no. 739).
29. _____; Hawerth, F.; Leite, G.; Sezerino, A.; Couto, M. 2016. Reguladores de crecimiento para frutíferas de clima temperado. Florianópolis, Epagri. 141 p.
30. Putti, G.; Petri, J. L.; Mendez, M. 2003. Temperaturas efectivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 25(2): 210 - 212.
31. Sáez, M. 2016. Uso de giberelinas de síntesis en la fruticultura chilena. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrónomas. 52 p.
32. Saure, M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*. 7: 239 - 300.
33. Severino, V. 2008a. Endormancia en manzano, ajuste de estimación y métodos de manejo en el sur de Uruguay. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 73 p.
34. _____. 2008b. Manejo de dormición en manzana. In: Seminario de Actualización en Frutales de Pepita (2008, Las Brujas, Uruguay).

Trabajos presentados. Las Brujas, INIA. pp. 61 - 64. (Serie Actividades de Difusión no. 544).

35. _____.; Arbiza, H.; Arias, M.; Manzi, M.; Gravina, A. 2011. Modelos de cuantificación de frío efectivo invernal adaptados a la producción de manzana en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 15(2): 19 - 28.
36. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2012. Manejo de la dormición de manzanos en el sur del Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 16(2): 18 - 26.
37. Soria, J.; Pisano, J.; DeLucca, R.; Buschiazzo, M.; Zeballos, R.; Díaz, E.; Carbone, F.; Vázquez, E.; Gabard, Z.; Viera, A. 2003. Módulo de evaluación de nuevas variedades de frutales de hoja caduca en empresas frutícolas de la zona sur: avances en los aspectos productivos. *In: Módulos de validación de variedades de frutales de hoja caduca: avances del proyecto FTPA N°093 (2003, Canelones)*. Trabajos presentados. Canelones, INIA. pp. 17 - 18. (Serie Actividades de Difusión no. 320).
38. Soria, L. 2009. Manejo químico de la salida de la dormición en manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv Brasil Gala. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
39. Sozzi, G.; Gariglio, N.; Figuero, M. 2007. Dormición en árboles frutales de hojas caducas. *In: Sozzi, G. ed. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. pp. 83 - 103.
40. Udelar. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2020. Fisiología de frutales. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado dic. 2021. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/index.php/extension-fagro/fisiologia-de-frutales>
41. YPF Agro. s.f. I-CURAFRUTAL HV. (en línea). Santa Fe. s.p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://www.ypfagro.com.ar/i-curafrutal-hv>

42. Zoppolo, R.; Leoni, C.; Cabrera, D.; Fasiolo, C. 2015. Zafra particular para los frutales de hoja caduca varios factores han afectado la producción. Revista INIA. no. 43: 31 - 36.