

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA CIANAMIDA HIDROGENADA COMO  
COMPENSADOR DE FRÍO EN ARÁNDANOS TIPO 'SOUTHERN Highbush',  
VARIEDAD O'NEAL

por

Roberto ASTESSIANO DICKSON  
María Emilia DARINO PÉREZ

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2008

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. Mercedes Arias

---

Ing. Agr. Vivian Severino

---

Ing. Agr. Adriana Zumarán

Fecha: 14 / 03 / 2008

Autor:

---

Roberto Astessiano Dickson

---

María Emilia Darino Pérez

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Ing. Agr. Adriana Zumarán por facilitarnos su predio para realizar la tesis y por poner a disposición la infraestructura necesaria para la realización del ensayo. A su vez, agradecemos al encargado de la quinta, Miguel, y todo el personal, por su apoyo cotidiano al ensayo.

Queremos agradecer a la empresa Enfoque, especialmente al Ing. Agr. José Luis Orrico por financiar la investigación y los productos utilizados en este trabajo.

A los integrantes del grupo de Ecofisiología de Cultivos que nos han apoyado en la realización de este trabajo, así como a Alejandra Borges del departamento de Estadística y cómputo por su colaboración en la parte de diseño experimental y análisis estadísticos.

Damos las gracias a nuestros amigos, compañeros y familiares por la colaboración en las largas jornadas de campo y en instancias de discusión, Gustavo Olivera, Victoria Mancassola, Matías Manzi, Victoria Mara y Clara.

Un agradecimiento especial a la Ing. Agr. Mercedes Arias, que no ha sido solo la tutora de este trabajo, sino un apoyo y un estímulo continuo para nuestra formación como profesionales y personas.

Por último agradecer a nuestras familias, que nos dieron la posibilidad de poder estudiar y nos han brindado un apoyo incondicional durante toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

		Página
	PÁGINA DE APROBACIÓN	II
	AGRADECIMIENTOS	III
	LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1	<u>INTRODUCCIÓN</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2	<u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1	EL CULTIVO DE ARÁNDANOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.1	<u>El cultivo de arándanos en el mundo</u> ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.2	<u>El cultivo del arándano en el Uruguay</u>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2	DORMICIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.1	<u>Definición</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.2	<u>Tipos de dormición</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.3	<u>Endodormición</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.4	<u>Requerimientos de frío</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3	DORMICIÓN EN ARÁNDANOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4	MANEJO DE LA DORMICIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5	LA H <sub>2</sub> CN <sub>2</sub> COMO COMPENSADOR DE FRÍO	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.1	<u>Información del producto</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.2	<u>Modo de acción</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6	EL USO DE H <sub>2</sub> CN <sub>2</sub> EN CULTIVOS FRUTALES	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6.1	<u>Efectos reportados</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6.2	<u>Momento de aplicación</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6.3	<u>Concentración del producto</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.7	EL USO DE H <sub>2</sub> CN <sub>2</sub> EN ARÁNDANOS...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1	HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2	TRATAMIENTOS EVALUADOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.3	MATERIALES Y VARIABLES EVALUADAS	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.4	INFORMACIÓN EXTRAPREDIAL .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1	DEFOLIACIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2	FENOLOGÍA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.1	<u>Brotación reproductiva</u> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

4.2.2	<u>Brotación vegetativa</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.3	<u>Fitotoxicidad del Dormex</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.4	<u>Daño por heladas</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
4.3	DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA .....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.1	<u>Evolución del peso medio de fruto</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
4.4	COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1	<u>Número de frutos</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
4.4.2	<u>Peso medio de fruto</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
4.5	MOMENTOS DE APLICACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
5	<u>CONCLUSIONES</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
6	<u>RESUMEN</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
7	<u>SUMMARY</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
8	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
9	<u>ANEXOS</u> .....	¡Error! Marcador no definido.

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Área cultivada de arándanos en Uruguay.	6
2.	Número de yemas vegetativas cada 100 nudos dañadas por fitotoxicidad del Dormex según tratamiento y el correspondiente porcentaje relativo al total de yemas reproductivas brotadas.	31
3.	Número de yemas reproductivas cada 100 nudos dañadas por helada según tratamiento y el correspondiente porcentaje relativo al total de yemas reproductivas brotadas.	32
4.	Número de frutos cosechados por fecha para cada tratamiento.	33
5.	Componentes de rendimiento: número de frutos por planta y peso medio de fruto y rendimiento total en peso por planta.	36
6.	Número de yemas reproductivas brotadas cada 100 nudos por planta para las 7 fechas de muestreo. D M – Dormex aplicado en mayo. D J – Dormex aplicado en junio.	
7.	Número de yemas vegetativas brotadas cada 100 nudos por planta para las 7 fechas de muestreo. D M – Dormex aplicado en mayo. D J – Dormex aplicado en junio.	
Figura No.		
1.	Esquema de los posibles efectos del Dormex en el adelanto de la maduración para el caso de la variedad O'Neal en el sur	23
2.	Horas y unidades de frío acumuladas y temperatura media del aire durante mayo y junio 2006	26
3.	Evolución del NYRB/100N para los tratamientos con objetivo defoliante y para testigo	27
4.	Evolución del NYRB/100N para los tratamientos con objetivo compensador de frío y para testigo	28
5.	Evolución del NYRB/100N para los tratamientos con objetivo desfoliante y para el testigo	29

6.	Evolución del NYRB/100N para los tratamientos con objetivo compensador de frío y para testigo	30
7.	Porcentaje del peso de fruta total cosechado por planta (%PF) para cada una de las fechas de cosecha, en los tratamientos con objetivo compensador y testigo	34
8.	Evolución del peso medio de fruto en gramos según tratamiento	35
9.	Rendimiento total en kg por hectárea considerando una densidad de plantación de 3.3*09	36

## 1 INTRODUCCIÓN

Los arándanos constituyen un grupo de especies nativas del hemisferio norte, que pertenecen al género *Vaccinium* de la familia de las Ericáceas. Representan una de las especies de más reciente domesticación, ya que los programas formales de mejoramiento genético se iniciaron a principios del siglo pasado.

El cultivo del arándano es de reciente introducción al país, presentándose como una alternativa de producción en “contra estación” en un momento de demanda insatisfecha y de altos precios por kilo de fruta en el hemisferio norte. Esto determina altas rentabilidades por hectárea y explica de alguna manera el rápido crecimiento del cultivo en Uruguay, en la actualidad pueden estimarse unas 600 hectáreas. Si bien se trata de una alternativa productiva promisoriosa, existen aspectos agronómicos que aún no se han ajustado para nuestras condiciones.

En nuestro país se ha priorizado la implantación de variedades de arándano tipo Southern Highbush (*Vaccinium corymbosum* L. hybrids), híbridos interespecíficos de producción temprana y muy temprana, debido a las posibilidad de obtener cosechas en los meses de precios más altos (Vilaró y Soria, 2006). Esta “ventana” comercialmente más atractiva se encuentra entre los meses de setiembre y octubre. Dentro de dicho grupo de variedades la más plantada en el país, es la variedad O’Neal, cuyo pico de producción en el sur del país se ubica en torno a la primera quincena de noviembre. Dicha situación determina que dependiendo del año, podemos llegar a tener un 50% de la producción después del 15 de noviembre donde el precio decae significativamente (Quagliani et al., 2007). En este sentido se evidencia la necesidad de evaluar medidas de manejo para lograr el adelantamiento de la maduración de la fruta, ya sea por un adelanto de la floración como por un adelanto de la foliación relacionado esto último a un acortamiento del período floración – cosecha. Considerando que en arándanos, por lo general los cultivares que florecen antes son los de cosecha temprana (Galleta y Himelrick, 1990).

Las plantas de arándano requieren acumular frío invernal para levantar la endodormición, proceso que inhibe la brotación durante el invierno. A continuación requieren de un período de acumulación de altas temperaturas para levantar la ecodormición logrando brotar y florecer (Faust, 1989).

En nuestras condiciones es común la ocurrencia de “inviernos benignos” (Contarín y Curbelo, 1987), lo que retrasa la salida de la endodormición y por lo tanto la cosecha. El frío invernal insuficiente causa patrones anormales en la brotación y desarrollo de frutales de zona templada cultivados en zonas con inviernos cálidos

(Bonhomme et al., 2005). La deficiencia de frío invernal tiene variados efectos, la intensidad de estos efectos depende del nivel de la deficiencia:

- Brotación pobre, pobre desarrollo foliar, floración dispersa, flores anormales
- Retraso en la floración y foliación, brotación errática
- Pobre cuajado, área foliar reducida por la falta de puntos de crecimiento y una detención temprana del crecimiento por la dormición secundaria (Erez, 1987).

Por esta razón, se ha recurrido a las variedades de bajo requerimiento de frío, como lo son las 'Southern Highbush' con requerimientos desde 250 a 600 horas de frío, lo suficientemente bajos como para permitir la floración pero lo suficientemente altos para mantener las yemas dormidas durante los inviernos extendidos en zonas cálidas (Gough, 1994).

El cultivo de arándanos, como de otras especies de clima subtropical, en condiciones de poco frío invernal depende de la utilización de cultivares con bajos requerimientos de frío en combinación con agentes químicos reguladores de la dormición (Darnell y Williamson, 1997).

Los reguladores del desarrollo, también llamados reguladores del crecimiento, son sustancias orgánicas, sin ser nutrientes, que afectan el crecimiento, el desarrollo y la maduración de estructuras vegetales vegetativas y reproductivas. El tipo y grado de respuesta vegetal varía con el tipo y concentración del regulador, el cultivo y el estado de la planta en el momento que se aplicó (Lang et al., s.f).

Los compensadores de frío, reguladores de crecimiento utilizados para el quiebre de la dormición, pueden uniformizar y anticipar la brotación y la floración en determinadas condiciones. Esto ha sido verificado en duraznero, peral, vid y manzano (Arellano, Mann et al., citados por Mizobutsi et al., 2003). Entre los compensadores de frío más comunes se encuentran: aceite mineral, dinitro-orto-cresol (DNOC), nitrato de potasio ( $KNO_3$ ), thiourea, cianamida hidrogenada ( $H_2CN_2$ ) y giberelinas (GAs) (Erez, 1987). Estudios realizados demuestran que, entre los productos disponibles en el mercado, la  $H_2CN_2$  es el producto químico más eficiente para favorecer el quiebre de la dormición (George y Nissen, George et al., Mann et al., citados por Mizobutsi et al., 2003).

El uso de la  $H_2CN_2$  esta extendiéndose en el mundo para favorecer la brotación vegetativa en numerosos cultivos, su utilización promete adelantar significativamente el desarrollo de las yemas vegetativas, incrementar el área foliar final y la cobertura vegetal (Stringer et al., 2002). Sin embargo, no se dispone de información suficiente como para asegurar la eficiencia de este producto en nuestras condiciones para el cultivo de arándanos.

El objetivo general de este trabajo es contribuir con el desarrollo de tecnologías para el manejo de la dormición adaptadas a nuestras condiciones de cultivo con el fin de minimizar riesgos económicos y ambientales.

El objetivo específico del trabajo es evaluar los efectos de la aplicación de cianamida hidrogenada, ampliamente utilizada en el mundo sobre cultivos de frutales de hoja caduca, como compensador de frío para las condiciones nacionales del cultivo del arándano.

## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EL CULTIVO DE ARÁNDANOS

#### 2.1.1 El cultivo de arándanos en el mundo

El fruto tiene su origen y tradición de consumo en el hemisferio norte donde lo han obtenido a lo largo de los años de forma natural, cosechándolo directamente de plantas silvestres (Constantino y Sandoya, 2006). Su abundancia en condiciones silvestres hizo que su cultivo fuera innecesario hasta el siglo XX, momento a partir del cual la población norteamericana aumentó fuertemente y las zonas que eran su hábitat natural disminuyeron. Desde entonces, distintas especies emparentadas han sido domesticadas y se han ido realizando programas de hibridaciones ínter específicas con plantas llamadas “siempre verdes” para lograr obtener variedades con menores requerimientos de frío que se adaptaran al sur de Estados Unidos, logrando extender el área de cultivo (Gough, 1994). Desde América del Norte, el cultivo se ha esparcido a diferentes partes del mundo, principalmente las especies pertenecientes a los grupos Northern y Southern Highbush, y las de tipo Rabbiteye (Vilaró y Soria, 2007).

La producción mundial de arándanos se puede dividir entre el hemisferio norte y el hemisferio sur. La producción del primero, cubre los meses de mayo a octubre en tanto que el hemisferio sur produce en contra estación en los meses de octubre a abril (Constantino y Sandoya, 2006).

A nivel mundial el mayor productor de arándanos es América del Norte (EEUU y Canadá) donde se cosecha aproximadamente el 85 % del total producido, seguido por la Unión Europea donde se cosecha el 12 %. La producción total ha tenido un incremento del 13 % desde el año 1999 hasta el año 2003, alcanzando en ese año un total de 240000 toneladas (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

En lo que refiere a la superficie plantada, se observa una distribución similar a la producción, con la diferencia que América del Sur aporta un porcentaje destacado de la superficie total cultivada que no se traduce en el equivalente productivo debido a la edad de las plantaciones. En tal sentido América del Norte aporta, hasta el año 2003, un 75 % de la producción, América del Sur un 11 %, Europa un 10 %, Oceanía un 3%, Asia un 2% y Sudáfrica aproximadamente un 1 %, totalizando 36230 hectáreas a nivel mundial. (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

América del Norte a pesar de ser el mayor productor mundial de arándanos es, al mismo tiempo, el mayor importador de fruta fresca tanto en su zafra como en contra estación, representando el 75 % de las importaciones mundiales de arándano. Si bien las

importaciones de Estados Unidos disminuyeron en el 2005, en el 2006 tuvieron una fuerte recuperación situándose por encima de su nivel en 2004. Otros mercados demandantes del producto son el Reino Unido, Canadá y Japón además de otros países europeos (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

El consumo de frutos no tradicionales a nivel mundial ha ido en aumento. Existe en los países desarrollados una tendencia creciente a consumir productos diferenciados y de alto valor nutricional. El consumo de arándanos y de las frutas finas en su conjunto, ha experimentado un notable crecimiento en los últimos quince o veinte años. El auge de la producción de arándanos en el hemisferio sur se asocia al aumento de la demanda del producto por los países consumidores (Constantino y Sandoya, 2006).

A nivel de América del Sur el cultivo toma relevancia a partir de la década de los '80, liderado por Chile. El principal objetivo es abastecer al hemisferio norte en contra estación. Los países del sur tienen una “ventana comercial” a contra estación en los mercados del Hemisferio Norte (Europa, EEUU y Canadá). Uruguay, Argentina y Australia son los países que inician la comercialización de su producción en forma más temprana. El período de cosecha en cada país no es algo estático e invariable, se va modificando dentro de ciertos límites con el avance tecnológico. En general cada país, a través del manejo de variedades y regiones de producción, tiende a ampliar su época de cosecha, lo que posee evidentes consecuencias comerciales (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

### 2.1.2 El cultivo del arándano en el Uruguay

La demanda insatisfecha en contra estación de fruta fresca de arándanos por el hemisferio norte junto a nuestras condiciones geográficas, hace que el cultivo de arándanos se presente como una alternativa interesante para nuestro país (Constantino y Sandoya, 2006).

A pesar de su reciente introducción al país, el cultivo ha alcanzado una rápida difusión (Cuadro 1). En la actualidad hay plantadas aproximadamente 600 hectáreas, las cuales representan el 7.5% de la superficie total de frutales de hoja caduca. Los costos promedio por hectárea del cultivo (considerados desde el año 0 al año 2), se sitúan en el entorno de los 30.000 dólares, lo que significa una inversión en el sector en tan solo 4 años de 18 millones de dólares (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

Cuadro No. 1. Area cultivada de Arándanos en Uruguay

<b>Año</b>	<b>Área Cultivada (Hás)</b>
2001	4
2002	s.d
2003	8
2004	200
2005	280
2006	500
2007	700

Fuente: adaptado de Furest (2006)

El 81% de las explotaciones están por debajo de las 10 hectáreas aunque tan solo representan el 34% de la superficie total del cultivo. Por otra parte, solo 2% de los predios tienen más de 50 hectáreas pero éstos corresponden al 31% de la superficie plantada. Cabe resaltar que el estrato en el cual existe una mayor concentración de productores (43%), es el que va desde 0 a 5 hectáreas. El desarrollo de grandes explotaciones representa una menor proporción en número de establecimientos, alcanzando un porcentaje importante si se lo considera por superficie (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

Asimismo, al considerar el número de productores por departamento surge una clara concentración de los predios en dos zonas productivas muy diferenciadas, el sur y el norte. Al sur se encuentran los departamentos de Canelones, Montevideo, Maldonado y San José (ordenados decrecientemente por el número de productores) y al norte, Salto y Paysandú. Estas dos zonas concentran casi el 90% de los productores y más del 80% de la superficie total plantada. Sin embargo, son dos zonas totalmente diferenciables ya sea desde el punto de vista agro climático, como por el tipo de inversor predominante (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

Es un rubro con un alto componente de inversión externa al sector frutícola tradicional. El perfil de productor para este rubro está compuesto en su mayoría por pequeños y medianos inversores que desarrollan otras actividades profesionales o empresariales (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

Existe un consenso técnico acerca de que el tipo de arándanos más adecuados para plantar en las condiciones de Uruguay corresponden al grupo de Southern Highbush. Dentro de este grupo, las variedades más plantadas son tempranas, entre las cuales se encuentran las variedades libres O'Neal y Misty, representando un 31% y 19% respectivamente. Por esta razón el grueso de la producción del Uruguay es cosechada en los meses de noviembre y diciembre, aunque existen variedades muy tempranas (sobre todo en el norte del país) que son cosechadas desde fines de setiembre hasta finales de

noviembre (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.). La variedad O'Neal, la evaluada en este trabajo, es descrita por Buzeta (1997), como una variedad vigorosa, semi erecta, con un período de floración amplio. El fruto de la misma es muy firme, con cicatriz pequeña y excelente sabor.

El objetivo productivo principal es la exportación de fruta fresca al hemisferio norte, aunque una parte de la producción es destinada a la industria. Entre los principales destinos de exportación se encuentran: Alemania, España, Francia, Holanda, Suiza, Italia, Reino Unido y a partir de la zafra 2007/2008, Estados Unidos (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, s.f.).

## 2.2 DORMICIÓN

### 2.2.1 Definición

La dormición en árboles frutales caducos y otras plantas leñosas perennes de zona templada es una fase del desarrollo que ocurre anualmente y permite a las plantas sobrevivir a inviernos fríos (Saure, 1985).

Los términos y definiciones reportados en la literatura para describir la dormición son numerosos (Fuchigami y Nee, 1987). La dormición es una suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que contenga un meristema (Lang et al., 1987). Lavee, citado por Saure (1985) enfatizó que la dormición no necesariamente significa un cese del desarrollo biológico, ya que procesos importantes de diferenciación pueden ocurrir en órganos durmientes (Chandler y Tufts, Brown y Kotob, Zeller, Stadler y Strydom, El-Mansy y Walker, Young et al, citados por Saure, 1985).

La dormición en especies leñosas perennes involucra una serie de fenómenos interrelacionados, regulados por factores internos y externos (Dennis, Lang, Martin, Romberger, Samish, citados por Lang, 1994).

### 2.2.2 Tipos de dormición

Lang et al. (1987) propusieron los términos ecodormición, paradormición y endodormición para describir tres tipos de control de la dormición: control ambiental, control en la planta, pero fuera de la estructura y control en la estructura, respectivamente.

La ecodormición incluiría todos los casos de dormición debidos a uno o a varios factores ambientales no favorables. Estos factores generalmente no tienen un efecto

específico en el metabolismo de la planta; es decir que los efectos no están asociados a una estructura meristemática particular. Una vez que los factores ambientales se vuelven adecuados para el vegetal, se reanuda el crecimiento (Lang et al., 1987).

La paradormición involucra una señal bioquímica específica originada en una estructura de la planta que no es la afectada, podrían ser hojas, escamas de la yema, otras yemas, etc. (Lang et al., 1987).

La endodormición ocurre cuando el crecimiento en extensión de las yemas esta inhibido por procesos fisiológicos internos de la misma yema (Lang et al., 1987).

El curso de la dormición puede variar considerablemente en distintos ambientes debido a las distintas proporciones de la eco y de la endodormición. La paradormición no se ve tan afectada por el ambiente. La endodormición es más extensa en regiones calidas y la ecodormición se extiende más en regiones frías donde los inviernos son más suaves (Saure, 1985).

Actualmente existe un consenso en que el periodo de endodormición se divide en una primera parte más profunda, llamada p-endodormición (endodormición profunda), y otra más superficial, s-endodormición (endodormición superficial). La primera se caracteriza por la incapacidad de inducir a las yemas al crecimiento bajo condiciones naturales. En la s-endodormición, puede superarse la dormición con tratamientos adecuados (Faust 1997, Agustí 2004).

### 2.2.3 Endodormición

La endodormición es la expresión de una inhibición endógena, teniendo su sitio de origen dentro de las yemas. La planta entera o por lo menos la parte aérea se encuentra en un estado de dormición durante la endodormición de las yemas (Saure, 1985). Varios autores han llegado a la conclusión que la endodormición está estrictamente relacionada a la yema, por lo tanto no es sistémica (Coville, Denny y Stanton, Black, Doorenbos, Jacobs et al., citados por Saure, 1985). La endodormición es una característica de la yema individual, no todas las yemas están en el mismo estado de dormición en un determinado momento (Saure, 1985).

#### 2.2.3.1 Inducción

La inducción de la endodormición en árboles adultos comienza a mediados - fines del verano y puede ser monitoreada mediante el efecto de la decapitación de brotes en el crecimiento de las yemas laterales subapicales (Seeley y Pawell, citados por Seeley, 1994).

Poco se sabe acerca de las condiciones que inducen la dormición, excepto en especies cuyo crecimiento responde al fotoperíodo (Dennis, 1994). Las yemas laterales parecen entrar en endodormición cuando su crecimiento es inhibido durante largos períodos por la dominancia apical, la paradormición se convierte gradualmente en endodormición (Champagnat, citado por Dennis, 1994). El rol de la temperatura en la inducción de la dormición no está bien definido. Varios estudios indicaron que el frío podría intensificar la dormición en el otoño, si bien luego participa en superarla (Ben Ismail, Hatch y Walter, Kobayashi et al., Lavarenne et al., Walser et al., citados por Dennis, 1994). Si el frío intensifica la dormición en un estado de desarrollo y colabora en la salida en otro, el momento en el que se comienza a acumular unidades de frío es crítico. Condiciones cálidas retrasan pero no impiden la entrada en dormición (Dennis, 1994).

Los factores ambientales que inducen el pasaje de la paradormición a la endodormición en las yemas son la disminución del fotoperíodo y las bajas temperaturas (Arora et al., 2003). La endodormición se inicia con el acortamiento de los días y la llegada de las bajas temperaturas del invierno, la latencia se intensifica y alcanza su plenitud. A finales del otoño - principios del invierno, se sintetizan dehidrinas en las yemas, proteínas hidrofílicas capaces de fijar agua, posiblemente promovidas por el ácido abscísico (ABA) y debidas a la disminución de las temperaturas (Agustí, 2004). Estas sustancias se asocian más a la resistencia al frío que a la dormición (Rowland y Arora, 1997) ya que permiten la deshidratación celular, adquiriendo una mayor resistencia al frío de las mismas. Así, la planta entra en un estado de endodormición más intensa. Los días cortos señalan los cambios en el desarrollo, pero son las bajas temperaturas las que ponen en peligro la supervivencia de la planta (Agustí, 2004).

#### 2.2.3.2 Salida

El principal factor que influye en la ruptura de la dormición de las yemas son las bajas temperaturas (Rowland y Arora, 1997). La salida de la dormición requiere de períodos de acumulación de frío durante el invierno seguidos por un aumento de las temperaturas primaverales (Richardson et al. 1974, Fuchigami et al., citados por Siller-Cepeda et al. 1992). La endodormición termina cuando el frío deja de ser efectivo en adelantar la brotación. Sin embargo, una vez que se ha acumulado un número crítico de unidades de frío, lo que acelera la brotación son las unidades de calor (Dennis, 1994).

En muchos árboles frutales la transición de las yemas desde la dormición a la activación del crecimiento es caracterizada por rápidos cambios metabólicos (Saure, 1985). Estos cambios incluyen:

- un incremento de los promotores (citoquininas) en las yemas (Pieniazek y Rudnicki, citados por Wang et al., 1991);

- hidrólisis del almidón de la madera; movimiento ascendente de los carbohidratos desde la corteza hacia las yemas; descenso del contenido de carbohidratos en la madera y corteza (Hansen y Grauslund, Priestley, citados por Wang et al., 1991);
- un incremento en el contenido de ácidos nucleicos, proteínas y poliaminas en las yemas (Barskaya y Oknina, Wang et al., citados por Wang et al., 1991);
- un incremento en el contenido de aminoácidos libres e hidrólisis de proteínas en corteza (Titus y Kang, citados por Wang et al., 1991);
- un incremento de ácidos orgánicos en yemas (Wang et al., citados por Wang et al., 1991);
- un incremento en la respiración y producción de etileno en yemas (Wang y Faust, citados por Wang et al., 1991);
- una disminución en la formación de radicales libres (Wang y Faust, citados por Wang et al., 1991);
- un incremento en la relación ácidos grasos insaturados/saturados, un descenso en la relación de colesterol libre/total de fosfolípidos y un incremento en la fluidez de la membrana (Wang y Faust, citados por Wang et al., 1991).

Faust et al., citados por Lang (1994) reportaron que el agua en yemas vegetativas en dormición de manzanos, estaba fuertemente asociada a macromoléculas. Sin embargo, a medida que los requerimientos de frío eran satisfechos, al menos una parte del agua se disociaba de las moléculas, o sea permanecía en forma libre. El agua asociada a macromoléculas no se encontró en las yemas paradormidas o ecodormidas. La presencia de agua libre en los tallos, sugiere que estos tejidos podrían no encontrarse nunca endodormidos.

La intensidad de la dormición está directamente relacionada con la actividad de la catalasa, la cual va disminuyendo junto con la disminución de las temperaturas. Esto genera un aumento de los niveles de peróxido de hidrógeno activando la vía metabólica fosfato-pentosa, lo que conlleva al inicio de la brotación (Vasconcelos et al., 2002).

El mayor cambio en yemas florales de arándanos durante la acumulación de frío a temperaturas de 5° C fue un incremento en los polipéptidos. Estos cambios coinciden con la ruptura de la dormición (Lang y Tao, citados por Lang, 1994).

### 2.2.3.3 Control endógeno

La dormición es controlada por numerosas estructuras y funciones integradas de la planta (Crabbe, 1994). La escuela clásica considera que la dormición es controlada por hormonas, siendo la entrada, el control y la salida reguladas por un balance de inhibidores y promotores del crecimiento (Amen, citado por Dennis, 1994). Esta corriente afirma que los cambios son iniciados por señales ambientales traducidas por

fitohormonas como el ácido indolacético (AIA), ABA, GA y etileno (Seeley, 1994) y que la acumulación de frío remueve inhibidores y estimula promotores llevando a la reasunción del crecimiento (Dennis, 1994).

La escuela francesa considera la dormición como un fenómeno más complejo en el cual las hormonas juegan un rol periférico (Dennis, 1994). Champagnat, citado por Dennis (1994) demuestra una transición gradual del retraso correlativo del crecimiento de la yema a la dormición profunda de la propia yema. La dormición es el último estado de una cascada de inhibiciones correlativas (Champagnat, Champagnat y Côme, citados por Dennis, 1994) comenzando por la dominancia apical, extendiéndose gradualmente, hasta el control por el mismo meristema de la yema dormida.

#### 2.2.4 Requerimientos de frío

Los árboles frutales caducos tienen que ser expuestos a bajas temperaturas por determinado período para que se de la salida de la dormición. Esos requerimientos de frío son determinados genéticamente. Cuánto mayor es la intensidad de dormición, mayores son los requerimientos de frío necesarios para salir de ella. El frío insuficiente es la causa de que en regiones con inviernos cálidos, la fase de endodormición se extienda por un largo período (Saure, 1985).

La forma ideal de alcanzar la salida de la dormición en regiones cálidas, sería plantar cultivares adaptados a esas condiciones, que tuvieran requerimientos de frío suficientemente bajos, como para que puedan ser suplidos por el frío invernal. En este caso, los requerimientos mínimos de frío del respectivo cultivar y el frío invernal mínimo del área en donde vaya a ser implantado, tendrían que ser determinados para asegurarse una buena adaptación. Los métodos que cuantifican el frío difieren en las fórmulas aplicadas para establecer el frío ocurrido, en la definición del período de acumulación de frío y en el resultado obtenido en las distintas regiones (Muñoz, Ruck, del Real-Laborde y Gonzalez-Cepeda, citados por Saure, 1985).

##### 2.2.4.1 Diferencias entre yemas

Las yemas de un mismo árbol difieren en sus requerimientos de frío. Normalmente las yemas florales tienen menores requerimientos de frío que las yemas vegetativas, así como las yemas vegetativas terminales poseen menores requerimientos que las laterales (Samish y Lavee, citados por Saure, 1985). Bajo condiciones limitantes de frío, las yemas terminales pueden brotar mucho antes que las laterales, esto resulta en una dominancia apical más fuerte que la típica en climas fríos. En realidad las yemas laterales pueden ser inhibidas aún cuando hayan cumplido sus requerimientos de frío (Erez y Lavee, citados por Saure, 1985). Hay quienes afirman que las yemas florales requieren menos frío que las yemas vegetativas (Gough, 1994) y quienes proponen que

las yemas vegetativas podrían tener menores requerimientos de frío que las reproductivas (Gariglio et al., 2006).

Existen algunos indicios de que la dominancia apical también actúa durante la endodormición. Leike, citado por Lloyd y Couvillon (1974) propone trabajar sólo con yemas terminales, porque concluye de la literatura que las yemas laterales se encuentran parcialmente dormidas o inhibidas en forma correlativa. La remoción de yemas terminales reforzó la brotación de las yemas laterales más apicales. Lloyd y Couvillon (1974), encontraron que en durazneros, la defoliación periódica desde el verano hasta el otoño promovió incrementalmente la brotación de yemas florales más que de yemas vegetativas, indicando así el progreso de la endodormición.

#### 2.2.4.2 Diferencias genéticas

Entre las distintas especies y cultivares existen diferencias en cuanto a requerimientos de frío. En la mayoría de los casos los requerimientos de frío se determinan contando el número de horas por debajo de 7.2 ° C requeridas para que se de el 50% de la brotación luego de la exposición durante 2-3 semanas a 20-25 ° C (Richardson et al., 1974). En áreas o en años con poco frío invernal los cultivares con bajos requerimientos de frío florecerán antes que los cultivares de altos requerimientos. En regiones frías, sin embargo, florecerán al mismo tiempo. Esto puede causar problemas por la insuficiente superposición de los períodos de floración (Saure, 1985).

### 2.3 DORMICIÓN EN ARÁNDANOS

Las plantas de arándanos Rabbiteye usualmente necesitan entre 400 a 700 horas de frío constante a 6-7° C para levantar la dormición (Spiers y Draper 1974, Spiers 1978). Los requerimientos de frío de los arándanos Rabbiteye difieren entre cultivares (Austin et al., 1982). Existe la posibilidad que los cultivares varíen su respuesta a temperaturas específicas o que variables culturales puedan modificar la acumulación de frío (Norvell y Moore, 1982).

Darrow en 1940 determinó que eran necesarias 1000 a 1200 horas por debajo de 7.2° C para satisfacer los requerimientos de frío de los cultivares estándares Highbush de aquella época (Norvell y Moore, 1982).

Las investigaciones para obtener arándanos con menores requerimientos de frío que los requeridos por *V. ashei* comenzaron en 1948 en Florida. *Vaccinium darrowi* ha sido usado extensivamente en programas de mejoramiento para introducir la característica de bajos requerimientos de frío en la genética de los Highbush (Hancock y Draper, 1989). Esta especie “siempre verde” fue elegida como especie salvaje de una

zona de Florida, donde las temperaturas medias invernales son de 16,7° C y 200 horas de frío invernal son habituales (Sharpe y Sherman, 1971). El rango de los requerimientos de frío va desde menos de 400 horas de frío para las de tipo Southern Highbush hasta cerca de 1100 horas de frío, para los Northern Highbush (Gough, 1994).

Spiers (1978) encontró que la cuantificación de la ocurrencia de frío por el modelo de unidades era más precisa que por el modelo de horas de frío, para temperaturas artificiales constantes en cultivares Rabbiteye. Temperaturas de 1° C y 12° C fueron efectivas en romper la dormición, si bien la temperatura más efectiva fue 6° C.

Ni el modelo de horas de frío ni el de unidades de frío son enteramente satisfactorios para estimar la salida de la dormición. El uso del modelo de horas de frío por debajo de 7.2° C en arándanos Highbush no parece ser adecuado en dos sentidos: las temperaturas menores o iguales a 1° C no son tan efectivas como las iguales a 6° C, si bien el modelo les otorga un valor similar. Por otro lado, las temperaturas por encima de 7.2° C no son consideradas en el modelo mientras que temperaturas de 12° C mostraron cierta efectividad en acumular frío. El modelo de unidades de frío sería más adecuado cuando se consideran las altas temperaturas, pero no es preciso ya que no considera el efecto de temperaturas menores o iguales a 1° C. La modificación del modelo de unidades, adicionando la acumulación de 0.5 unidades por una hora a 1° C, predice mejor la salida de la dormición en arándanos Highbush (Norvell y Moore, 1982).

La interacción entre el fotoperíodo y el frío para Northern Lowbush y Highbush ha sido investigada en Canadá. Plantas jóvenes y vigorosas permanecieron en estado vegetativo bajo condiciones de invernáculo de 16 horas de largo de día, pero días de 12 horas o menos resultaron en la inducción de los primordios florales. Cuando estas plantas regresaron a condiciones de día largo, produjeron flores; indicando que el período de receso no constituye una parte esencial del proceso de floración. Varias selecciones en Florida florecieron, fructificaron y crecieron normalmente sin acumulación de frío invernal; las hojas permanecieron en la planta y con un vigor adecuado. Parecería que cuando la caída de hojas ocurre debido a carencias en la nutrición, sequía o cortos períodos de frío, la dormición no era superada hasta que no recibían frío adicional (Sharpe y Sherman, 1971).

Aún cuando el problema de la dormición sea resuelto, hay problemas adicionales que deben tenerse en cuenta antes de evaluar correctamente la viabilidad de la producción de arándanos en climas con inviernos cálidos, incluyendo las respuestas morfofisiológicas de los cultivares existentes a las altas temperaturas y los fotoperíodos alterados (Darnell y Williamson, 1997).

## 2.4 MANEJO DE LA DORMICIÓN

En frutales de hoja caduca, el frío invernal insuficiente puede causar anomalías como alta caída de yemas florales, retraso en la foliación y pobre cuajado. En zonas caracterizadas por inviernos cálidos, muchos agentes químicos para la ruptura de la dormición son usados como prácticas anuales comunes para favorecer una brotación primaveral abundante y concentrada (Erez, 1987). Entre ellos se encuentran DNOC, thiourea, aceite mineral, compuestos hormonales (GAs y citoquininas) y sales minerales como nitratos y sulfatos (Erez et al., 1971). La cianamida hidrogenada es preferible a esos químicos porque incrementa el tamaño de fruta, la precocidad y el rendimiento (Snir, North et al., Nee y Fuchigami, citados por Bartolini et al., 1997).

Uno de los problemas aún no resueltos de las aplicaciones comerciales de compensadores de frío es la definición del momento en el cual realizar los tratamientos, ya que su eficacia y fitotoxicidad dependen del estado y de la profundidad de la endodormición (Erez, 1987). Hasta el momento la acumulación de horas de frío ha sido típicamente usada para estimar la profundidad y el progreso de la dormición de las yemas (Arora et al., 2003).

En climas cálidos, donde los requerimientos de frío no son satisfechos, una evaluación de la intensidad de la endodormición es esencial para determinar cuándo los compensadores de frío son necesarios (Dennis, 2003).

## 2.5 LA $H_2CN_2$ COMO COMPENSADOR DE FRÍO

La cianamida hidrogenada es un regulador del crecimiento que puede usarse para romper la dormición (Vasconcelos et al., 2002).

### 2.5.1 Información del producto

Dormex (nombre comercial) es cianamida hidrogenada refinada y formulada especialmente para uso agrícola por Degussa AG, Alemania. Es un concentrado soluble que contiene 520 g/L de cianamida hidrogenada como ingrediente activo. El producto contiene especiales elementos de seguridad como colorante azul para diferenciarlo de otras sustancias líquidas (ej. agua), sustancia amarga para evitar ingesta humana accidental y estabilizantes para favorecer su duración en almacenaje (BASF, 2004).

Dormex es la única cianamida hidrogenada que tiene registro EPA (Agencia de protección ambiental estadounidense). También tiene registros en Europa y en otros países del resto del mundo (BASF, 2004).

Clasificación toxicológica:

DL50 oral > a 300 mg/Kg de peso (ratas).

DL50 dermal > a 1700 mg/Kg de peso (conejos).

Tóxico para las abejas.

El almacenaje debe hacerse a 20° C ya que temperaturas superiores pueden aumentar la presión dentro del envase y romperlo. No se debe reenvasar, ni mezclar con ácidos o bases u otros productos (BASF, 2004).

Es importante evitar el contacto del producto con la piel y ojos por lo que debe usarse ropa de protección completa (guantes, botas, antiparras y respirador). No debería aplicarse en contra del viento ni en forma manual. Durante la manipulación y aplicación de Dormex se aconseja no fumar, comer o beber. Dormex es un producto corrosivo, por lo que se recomienda lavar bien los equipos después de la aplicación (BASF, 2004). Manipular Dormex cuando se ha consumido alcohol puede producir una reacción vasomotora cuyos síntomas son enrojecimiento de la piel de la cara y tórax superior, vértigo, dolor de cabeza, respiración dificultosa, aceleración del pulso. En este caso debería realizarse un tratamiento sintomático, por esta razón se aconseja no ingerir alcohol 48 horas antes y después de la manipulación (BASF, 2004).

Los efectos de la cianamida hidrogenada en la salud incluyen irritaciones severas, úlceras en los ojos, piel y vías respiratorias. En la Unión Europea es clasificada como tóxica al ser ingerida, dañina al estar en contacto con la piel e irritante para los ojos y piel. La EPA coloca al producto y al ingrediente activo dentro de la categoría toxicológica I (peligroso). En Italia se considera dañino al ser ingerido, lo que correspondería a la categoría II de la EPA. El producto vendido en Italia sólo puede ser utilizado por aplicadores con licencia y se requiere una vestimenta especial, con guantes y máscara (Davanzo et al., 2001).

Al ser fitotóxico en tejidos verdes, debe evitarse la neblina de pulverización a cultivos vecinos. No aplicar Dormex en cultivos débiles o con algún tipo de stress, ya que podría ocasionar algún grado de fitotoxicidad (BASF, 2004).

Dormex es degradado completamente en la planta y en el suelo, por lo cual, no deja residuos (BASF, 2004).

### 2.5.2 Modo de acción

Su modo de acción no se conoce del todo, pudiendo estar relacionado con el sistema respiratorio y la interferencia en algunos procesos como la actividad de la catalasa (Vasconcelos et al., 2002).

La cianamida hidrogenada es rápidamente absorbida, metabolizada y causa una disminución de la actividad de la catalasa sin modificar la peroxidasa. Esto resulta en un aumento de la concentración de peróxido de hidrógeno en los tejidos de las yemas. Este aumento podría ser responsable de la activación del ciclo de las pentosas y la consecuente inducción a la ruptura de la dormición. La cianamida induce una disminución del nivel de “glutatión reducido” (GSH) dentro de las 12 horas después de la aplicación. Esto puede sugerir que la GSH presente en los tejidos fue probablemente utilizada en la desintoxicación del peróxido de hidrógeno generada cuando la actividad de la catalasa fue inhibida (Mizobutsi et al., 2003).

La anticipación de la brotación pueden relacionarse con una superación precoz de la dormición debido al balance de las sustancias inhibitoras y promotoras del crecimiento resultante de la promoción de la activación de la ruta de las pentosas por parte de la cianamida, logrando el quiebre de la dormición. A su vez, la cianamida hidrogenada causa un aumento en la concentración del aminoácido prolina en las yemas de las plantas tratadas, que puede favorecer la floración precoz (Mizobutsi et al., 2003).

El período de dormición está acompañado por altos niveles de inhibidores de crecimiento, y por tanto el cese del crecimiento. Los tratamientos capaces de romper la dormición podrían alcanzar ese efecto reduciendo la concentración de esos inhibidores de crecimiento. Con la remoción de estas sustancias, podría esperarse que se retomara el crecimiento normal. El principal inhibidor natural del crecimiento involucrado en la dormición es el ácido abscísico. No se encontró una correlación entre los niveles de ácido abscísico en las plantas y la ruptura de la dormición por efecto del Dormex<sup>1</sup>. Sin embargo, en un trabajo realizado por Subhadrabandhu (1995), en el cual se midió el contenido de ABA, se registró que en las yemas tratadas con Dormex, se daba un descenso del contenido de ABA previo a la brotación más acentuado que el de las yemas no tratadas.

La enzima catalasa cataliza la hidrólisis del peróxido de hidrogeno en agua y oxígeno, rol importante ya que el peróxido de hidrógeno (producto del metabolismo), es tóxico para la planta. La cianamida hidrogenada inhibe la acción de la catalasa, estimulando la vía fosfato-pentosa. Esto provoca que se produzcan en mayores niveles ciertas sustancias esenciales como lípidos, ARN, ADN y pentosas. Estos componentes son fundamentales para el nuevo crecimiento y son requeridos durante la salida de la dormición.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Youngman, R.J. Dormancy in plants; the mechanism of action of the dormancy-breaking agent DORMEX<sup>®</sup>. SKW (sin publicar)

Los eventos bioquímicos resultantes de la aplicación de cianamida hidrogenada podrían constituir una respuesta al stress provocado por el shock del tratamiento y diferir de aquellos provocados por la acumulación natural de frío (Arora et al., 2003).

## 2.6 EL USO DE $H_2CN_2$ EN CULTIVOS FRUTALES

La cianamida hidrogenada ha sido usada en regiones tropicales y subtropicales principalmente para inducir una brotación uniforme y para adelantar la madurez de los frutos (Uzun, 1997).

### 2.6.1 Efectos reportados

La cianamida hidrogenada anticipa el inicio de la brotación, de la floración y de la cosecha en duraznero (Siller-Cepeda 1992, Lloyd y Firth 1993); en manzanos (Finetto 1990, Hasseeb y Elezaby 1995, Petri y Stucker 1995, Manzi 2007); en uva de mesa (Pires et al., 1999); en caqui (Mizobutsi et al., 2004). Sin embargo, en damasco la cianamida hidrogenada no tuvo efecto en promover el adelantamiento de la floración (Bartolini et al., 1997). La maduración temprana sería resultado de la floración más temprana y más concentrada (Carreño et al., 1999).

La cianamida hidrogenada induce una brotación no sólo más temprana sino que más uniforme en uva de mesa (Shulman et al., Williams, citados por Carreño et al., 1999), en manzano (Manzi, 2007) y en damasco (Stadler et al., citados por Bartolini et al., 1997).

También existen referencias de aumentos en el porcentaje de brotación en uva de mesa (Pires et al., 1999), manzanos (Manzi, 2007) y durazneros (Siller-Cepeda et al. 1992, George et al., citados por Lloyd y Firth 1993).

La aplicación de cianamida con aceite puede aumentar la adherencia de los frutos de caqui al pedúnculo, estableciendo una alta tasa metabólica del ovario que resulta en un incremento del flujo de metabolitos hacia frutos reduciendo la caída de los mismos (Mizobutsi et al., 2004).

Las aplicaciones de cianamida hidrogenada podrían mejorar el rendimiento en uva de mesa (George et al., Pires et al, citados por Carreño et al. 1999, Vasconcelos et al. 2002). En manzanos, está citado que los árboles tratados con cianamida hidrogenada tienen menor porcentaje de cuajado y por tanto se reduce el rendimiento (Hasseeb y Elezaby, 1995). Otros autores no encontraron efectos de la cianamida en el cuajado de fruta (Petri y Stucker, 1995).

Los efectos de las aplicaciones de cianamida dependen mucho del momento de aplicación, la concentración, el tipo de yema y el estado de desarrollo de la misma al momento de la aplicación. La variación de la respuesta entre años sugiere que también depende de las condiciones climáticas (Bartolini et al., 1997). La respuesta también puede variar en función de los requerimientos de frío de los cultivares (Finetto, 1990).

### 2.6.2 Momento de aplicación

El momento de aplicación de la cianamida hidrogenada es crítico tanto en términos de eficacia como en términos de riesgo de fitotoxicidad. La severidad de la fitotoxicidad incrementa cuánto más se acerca el momento de aplicación al momento de la floración. Aplicaciones tempranas de cianamida (fines de otoño) son en general, más efectivas en adelantar la floración y la brotación vegetativa de duraznero que las aplicaciones cercanas al momento de floración (George y Nissen, George et al., citados por Lloyd y Firth, 1993). Esto podría deberse a que las yemas en este último momento ya hubieran salido de la endodormición (Fuchigami y Nee, citados por Lloyd y Firth, 1993). Este adelantamiento se traduce en una cosecha más temprana (Lloyd y Firth, 1993). Las aplicaciones a principios de invierno no tuvieron efecto en la brotación reproductiva e indujeron mayores tasas de abscisión floral. Esta respuesta es variable según los años ya que las mismas aplicaciones en años anteriores estimularon la brotación floral sin incrementar la abscisión de yemas de flor (Lloyd y Firth, 1993).

En uva de mesa, las aplicaciones tardías retrasaron la brotación (Uzun, 1997) o simplemente no tuvieron ningún efecto sobre el momento de maduración de la fruta (George et al., citados por Carreño et al., 1999). Las aplicaciones más tempranas registraron menores porcentajes de brotación, relacionado con una dormición poco profunda de las yemas al momento de la aplicación. La entrada en dormición antes de reiniciar el ciclo vegetativo parece ser necesaria para una adecuada brotación (Vasconcelos et al., 2002).

Para damasco también está citado que las aplicaciones en dormición profunda no promovieron la apertura de yemas florales (Bartolini et al., 1997). En contraste con lo dicho anteriormente, en manzano está reportado que la cianamida puede inducir la brotación aún cuando las yemas están en dormición profunda (Subhadrabandhu, 1995). Según este autor, el momento de aplicación para obtener los mejores resultados es cuando las yemas están por salir de la endodormición.

En manzanos, se registró mayor efecto en el adelanto de la brotación y la cosecha al haber más frío acumulado al momento de la aplicación (Manzi, 2007). La mayor efectividad de las aplicaciones de cianamida fue detectada durante la última fase de la endodormición, aunque en este período la fitotoxicidad fue importante, salvo para la

concentración más baja. Aplicaciones de cianamida hidrogenada después de haber cumplido los requerimientos de frío no tuvieron efecto en la promoción de la brotación. En lugar de mejorar la brotación, la cianamida redujo y retrasó el crecimiento de las yemas, dañando yemas y tallos. Similares resultados habían sido reportados para otras especies cuando la cianamida fue aplicada durante la ecodormición (Fuchigami y Nee, citados por Siller-Cepeda, 1992).

Varias estimaciones han sido utilizadas para determinar el momento de la aplicación de cianamida hidrogenada: momento cronológico (Jackson y Bepete, citados por Finetto, 1990), estados fenológicos de las plantas (Petri, citado por Finetto, 1990) y estados de crecimiento (Fuchigami y Nee, Nee y Fuchigami, citados por Finetto, 1990), pero estas observaciones pueden verse afectadas por varios factores (Finetto, 1990). Es importante destacar que el momento de la aplicación de la cianamida no puede hacerse por una fecha calendario (Lloyd y Firth, 1993). Por otro lado, los modelos corrientes de acumulación de frío no serían adecuados para determinar el momento de aplicación de cianamida (Lloyd y Firth, 1993), porque no modelan el crecimiento vegetal fielmente. En arándanos Highbush, trabajos realizados por Norvell y Moore (1982) demuestran que ni el modelo de Weimberger (1950) ni el de Richardson (1974) son totalmente satisfactorios para calcular la ruptura de la dormición.

### 2.6.3 Concentración del producto

El efecto de la cianamida no sólo depende del momento de aplicación sino también de la concentración. El estado fisiológico de la yema parece ser un punto crítico en la definición del límite entre concentraciones óptimas y fototóxicas en los tratamientos químicos. Una alta interacción entre la concentración de cianamida y el momento de aplicación fue encontrada para la brotación y la fitotoxicidad (Siller-Cepeda et al., 1992).

En duraznero "Redhaven" la concentración más efectiva (más brotación y menor fitotoxicidad) fue 0.5% para cualquiera de los momentos de aplicación durante el invierno (Siller-Cepeda et al., 1992). Cuando la endodormición era profunda, fueron necesarias mayores concentraciones de cianamida hidrogenada para estimular la brotación más temprana en durazneros. Esto también está reportado por Fuchigami y Nee (1987) para *Cornus Cevicea L.* y *Malus silvestris*. En los estados de máxima endodormición, la cianamida hidrogenada estimuló la brotación aplicada a todas las concentraciones, si bien al 4% sólo promovió la brotación de las yemas basales (Siller-Cepeda, 1992), lo que se reportó también en viña (Bracho et al., Lavee et al., citados por Siller-Cepeda, 1992). La gran tolerancia de las yemas basales a la cianamida está probablemente relacionada con el gradiente de intensidad de dormición hacia la base del

tallo, encontrándose las yemas basales en un estado de dormición más profundo que las apicales (Paiva y Robitaille, citados por Siller-Cepeda, 1992).

En damasco, las concentraciones más efectivas para la reasunción de la actividad de las yemas reproductivas fueron 0.5 y 1 %. Al 2 % se inhibió el desarrollo de yemas reproductivas. Las yemas vegetativas toleraron concentraciones de cianamida más altas y el porcentaje de brotación vegetativa fue promovido cuando se redujo el número de yemas reproductivas. Los efectos más negativos en la brotación reproductiva fueron encontrados al 2%, evidenciado por un menor peso fresco de fruta (Bartolini et al., 1997).

Con concentraciones de 2% la cianamida rompió la dormición sin la previa acumulación de frío en todos los cultivares de manzana tratados. A su vez la cantidad de frío necesaria al momento de la aplicación, depende de la concentración a utilizar. Por otro lado el efecto de la cianamida no mejora cuando los requerimientos de frío son satisfechos, en algunas situaciones podría llegar a ser tóxico (Finetto, 1990).

El efecto en romper la dormición al incrementar las concentraciones de cianamida hidrogenada de 0.24 a 1.41 M siguió una regresión lineal. Las concentraciones entre 0.48 y 1.41 M llevaron a una drástica reducción del porcentaje de brotación causada por la muerte de yemas (Pires et al., 1999). Concentraciones de 6% disminuyeron la fertilidad de las yemas (Cartabellota et al., 1994).

Es probable que la mayoría de la variabilidad en cuanto a brotación y fitotoxicidad encontrada sea atribuible a los estados fisiológicos de la yema, el frío acumulado antes de la aplicación y a diferencias en los grados de dormición de las plantas.

## 2.7 EL USO DE $H_2CN_2$ EN ARÁNDANOS

El crecimiento y desarrollo de frutos en arándanos están fuertemente influenciados por la carga de fruta, el establecimiento de la canopia y la relación resultante hoja/fruta. La brotación vegetativa y reproductiva están ambas inducidas por el largo de la exposición a temperaturas menores a 7.2 ° C (Stringer et al., 2002).

Las yemas vegetativas generalmente emergen después de las yemas florales resultando en un retraso del desarrollo de la canopia. Esto se ve agravado por la acumulación marginal de frío y por un eventual fuerte cuajado de frutos, lo que significa una baja relación fuente/fosa durante gran parte del periodo de desarrollo del fruto (Williamson et al., 2002). Bajo condiciones de inviernos poco fríos la floración puede ser errática con una foliación pobre (Williamson, 2001).

A nivel mundial existen diversos trabajos realizados sobre la utilización de productos compensadores de frío en arándanos, destacándose los realizados por Williamson (2001, 2002) en la Universidad de Florida evaluando las aplicaciones de cianamida hidrogenada. Sus estudios han mostrado que Dormex (cianamida hidrogenada) puede ser una herramienta útil para estimular una brotación vegetativa de primavera más temprana y más vigorosa en varios cultivares Southern Highbush y en el cultivar "Climax" Rabbiteye. Los resultados obtenidos por Stringer et al. (2002) muestran que la cianamida hidrogenada aumentó el número de yemas vegetativas abiertas. Aunque Williamson et al. (2001) sugiere que la promoción directa de la brotación vegetativa se ve confundida con un efecto resultante del menor desarrollo reproductivo. Esto resulta en una maduración más temprana de las bayas, en un incremento del peso fresco medio de fruto y en algunos casos en un leve incremento del rendimiento total (Williamson et al., 2002). Stringer et al. (2002) reportaron que aplicaciones tanto al 1.5 % como al 2.5 % resultaron en reducciones significativas del rendimiento, mientras que aplicaciones al 1 % provocaron reducciones menos significativas. Sin embargo el tamaño de fruta fue significativamente mayor en todos los tratamientos con  $H_2CN_2$ .

Por otra parte, todos los autores coinciden en la importancia de aplicar el compensador correctamente en momento y concentración, ya que el producto tiene el potencial de provocar daños en las yemas florales. Williamson et al. (2001) obtuvo que la cianamida aplicada en plantas con más del 30 % de las yemas florales en estado 3 provoca daños en yemas reproductivas. Este autor también resalta la necesidad de que las plantas acumulen una cierta cantidad de frío antes de la aplicación, para que la brotación vegetativa sea vigorosa y no haya daños en yemas, ni reducciones en el rendimiento (Williamson et al., 2002). Los resultados obtenidos por Stringer et al. (2002) muestran que cuando las aplicaciones de cianamida en el cultivar "Climax" se hicieron al momento en que estaban cubiertos el 75 % de los requerimientos de frío, la brotación vegetativa fue mayor que cuando la aplicación se realizó al momento en que el 50 % de los requerimientos estaban cubiertos.

Stringer et al. (2002) encontraron que el daño en las yemas florales es proporcional a la concentración del producto, correspondiendo los mayores daños a las aplicaciones de 2% (v/v). También constató que cuanto más avanzado estaba el desarrollo de la yema, mayor susceptibilidad de esta a la aplicación de Dormex, coincidiendo con Williamson (2002). A su vez las plantas tratadas con el compensador mostraron mayores daños por heladas. El rango de concentraciones de cianamida que ha mostrado consistentemente un incremento de la brotación vegetativa y un adelanto en la maduración de la fruta sin causar daños significantes en yemas de flor, se encuentra entre 0.75 y 1 % (v/v) (Williamson et al., 2002).

Cierto grado de daño en yemas florales (25%) causado por la aplicación de cianamida debería ser aceptado para obtener una cosecha temprana y de mejor calidad (Williamson, 2001).

Entre los cultivares de arándanos que han sido evaluados y que han mostrado respuesta a la cianamida hidrogenada, se encuentran: Misty, Climax, Gulf Coast, Star, South Moon, Bladen, Gubilee y Premier (Williamson et al. 2001, Williamson et al. 2002, Stringer et al. 2002). La respuesta fue errática en cultivares con buena habilidad de desarrollo de yemas vegetativas como Tifblue y Brightwell (Williamson et al., 2002).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado durante la temporada 2006 en un predio comercial ubicado en la zona de Melilla sobre el Camino Pirinchos, a aproximadamente 200 metros de Camino La Redención hacia el noreste (56°18'W; 34°44'S). Para este estudio se utilizaron plantas de arándano 'Southern Highbush' (*Vaccinium corymbosum* L. hybrids) del cultivar O'Neal plantadas en el año 2004, con un marco de plantación de 3.3 m entre filas y 0.9 m entre plantas. El manejo de las plantas del ensayo fue el comercialmente aplicado en el resto del predio.

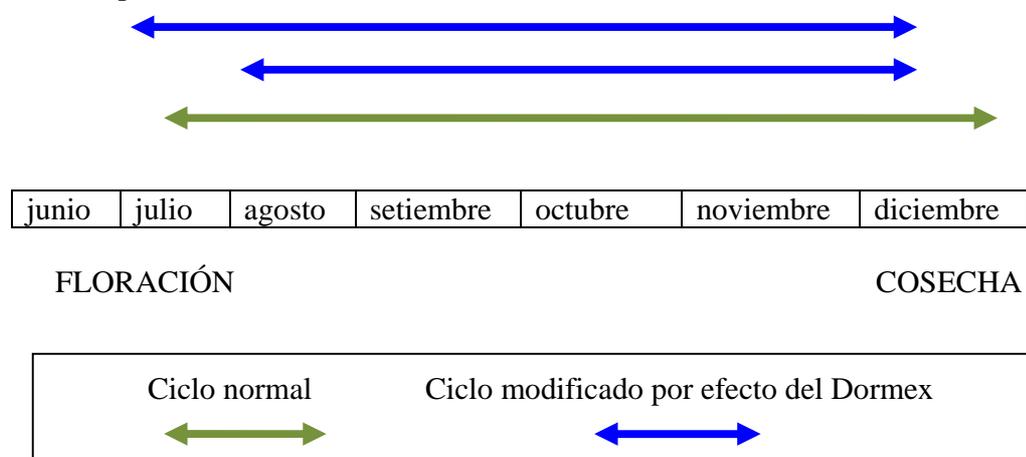
#### 3.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Por un lado se plantea forzar la defoliación mediante la aplicación temprana de Dormex y la aplicación de fosfito de cobre con el fin de uniformizar el momento de máxima endodormición (50% de caída de hoja) para uniformizar el momento en que se inicia la acumulación de frío. De esta manera se podría lograr una salida de la endodormición más sincronizada y por lo tanto una brotación más uniforme.

Por otro lado, este trabajo plantea otras hipótesis, no para uniformizar la brotación sino para adelantar la maduración de la fruta, dos alternativas (Figura 1):

- Aumentar y adelantar la brotación vegetativa para obtener una mayor relación hoja / flor durante el período de desarrollo de fruto, resultando en un adelanto de la maduración de la fruta con la reducción del período de desarrollo de fruto,
- Adelantar la brotación reproductiva sin modificar la duración del período de crecimiento de fruto, resultando de igual manera en un adelanto de la maduración.

Figura No. 1: Esquema de los posibles efectos del Dormex en el adelanto de la maduración para el caso de la variedad O'Neal en el sur.



### 3.2 TRATAMIENTOS EVALUADOS

En base a las hipótesis planteadas anteriormente, los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- 1 – Aplicación de fosfito de cobre el 15 de mayo al 0.5%.
- 2 – Aplicación de cianamida hidrogenada el 29 de mayo al 1.5 %.
- 3 – Aplicación de cianamida hidrogenada el 20 de junio al 1 %.
- 4 – Aplicación de cianamida hidrogenada el 20 de junio al 1.5 %.
- 5 – Aplicación de cianamida hidrogenada el 20 de junio al 2 %.
- 6 – Testigo

Las plantas fueron pulverizadas hasta punto de goteo utilizando una mochila pulverizadora, con un gasto de 200 ml de caldo por planta. Las aplicaciones se realizaron con cianamida hidrogenada en concentrado soluble (Dormex<sup>®</sup>, 49% de H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub>) al 1, 1.5 y 2% de Dormex<sup>®</sup> (v/v). Se agregó un surfactante no iónico siliconado (BREAK) al 0.03%, que reduce la tensión superficial del agua favoreciendo la humectación, dispersión y/o penetración del producto aplicado (BASF, 2004).

Las fechas de aplicación de Dormex fueron el 29 de mayo (103 horas de frío y 133,5 unidades de frío) y 20 de junio (189 horas de frío y 307 unidades de frío). En el segundo momento de aplicación las plantas tenían hojas rojas y más del 30% de las yemas apicales estaban en estado 3 (Spiers, 1978). El frío total acumulado durante mayo y junio fue de 222 horas de frío y 416.5 unidades de frío (Figura 2).

La aplicación de fosfito se realizó únicamente a una concentración de 500 ml/100l, el 15 de mayo (21 horas de frío y 30 unidades de frío).

Los tratamientos fueron asignados según un diseño de bloques completos al azar, con 6 tratamientos y 6 repeticiones, usando como unidad experimental parcelas de 6 plantas.

### 3.3 MATERIALES Y VARIABLES EVALUADAS

Para realizar las evaluaciones fenológicas se utilizaron dos plantas dentro de la parcela, contabilizándose el número total de nudos de éstas. Para siete fechas, desde el 5 de julio hasta el 7 de setiembre, se evaluó el número de yemas reproductivas sin brotar y reproductivas brotadas, el número de yemas vegetativas sin brotar, vegetativas hinchadas y vegetativas brotadas. También se contó el número de yemas dañadas por fitotoxicidad del producto, identificando si eran vegetativas o reproductivas y si estaban brotadas. El 2 de agosto se registró una helada que causó daños visibles en yemas reproductivas, estos daños también fueron cuantificados.

Para la evaluación fenológica se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

**Yema reproductiva:** Estados 1 y 2 (Spiers, 1978)

**Yema reproductiva brotada:** Estado 3 y más avanzados (Spiers, 1978)

**Yema vegetativa:** Estado 2 de “Punta verde temprana” (NeSmith et al., 1998), yema que comenzó a hincharse, justo antes de elongarse con una punta verde comenzando a ser visible

**Yema vegetativa hinchada:** Estado 3 de “Punta verde tardía” (NeSmith et al., 1998), yema en elongación sin desenvoltura de las hojas. Hay una cantidad considerable de tejido verde, las hojas se encuentran apretadas.

**Yema vegetativa brotada:** Estados 4, 5 y 6 (NeSmith et al., 1998)

**Daños por Dormex:** Yemas necrosadas, de apariencia seca.

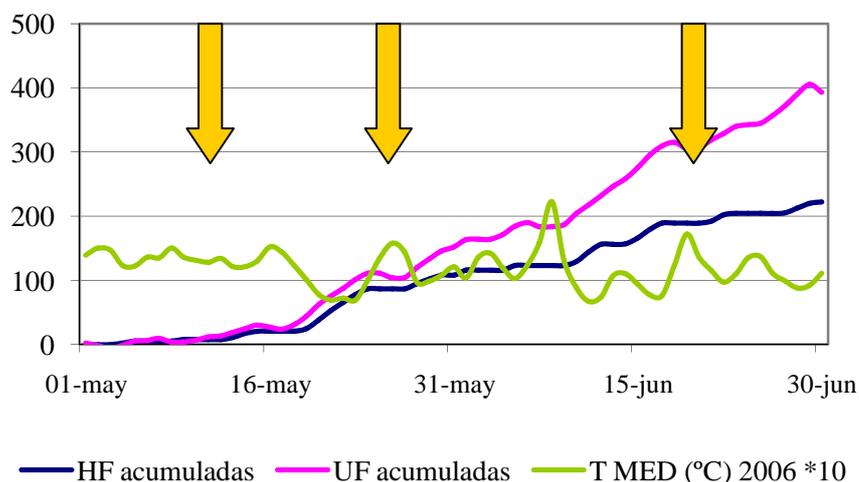
**Daños por helada:** Racimos con flores marrones, abscisión de flores.

En lo que refiere a las evaluaciones de cosecha, se utilizaron la totalidad de las plantas del ensayo. Las cosechas se realizaron de forma periódica, con una frecuencia de 2 a 3 días. La primer fecha fue el 2 de noviembre y la última el 15 de diciembre. En cada fecha, se cosecharon los frutos maduros de toda la planta (incluyendo el descarte), se contó el número de frutos cosechados los cuáles fueron pesados con balanzas portátiles digitales. El criterio de cosecha fue el utilizado por la empresa: baya de color azul con un halo rojo en la inserción del pedúnculo.

### 3.4 INFORMACIÓN EXTRAPREDIAL

Paralelamente, se analizaron los datos climáticos como temperatura media diaria, unidades de frío diarias y horas de frío diarias, de la estación experimental INIA Las Brujas (Figura 10, Anexos). Resulta importante aclarar que las horas de frío y unidades de frío fueron acumuladas a partir del 1° de mayo hasta el 1° de julio. Normalmente se contabiliza el frío efectivo a partir de 50% de hoja caída (Couvillon, 1995) hasta que se obtiene el 50% de brotación. En el caso del cultivo de arándanos en nuestras condiciones, la caída de hojas ocurre tarde en el invierno, incluso puede llegar a haber hojas de la estación anterior al momento de la brotación. Por esta razón, tomamos arbitrariamente el 1° de mayo como el inicio de la acumulación de frío. Teniendo en cuenta que el inicio de la floración en la variedad O’Neal en el sur del país ocurre hacia mediados de julio y considerando un período de ecodormición de 15 días, podemos pensar que la acumulación de frío iría hasta finales de junio.

Figura No. 2. Horas y unidades de frío acumuladas y temperatura media del aire durante mayo y junio 2006. Las fechas indican los momentos de aplicación.



### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizaron las variables continuas por Modelos Lineales Generales (GLM procedure de SAS, 1997). Las diferencias entre medias fueron determinadas por Test de Tuckey con una probabilidad de cometer error tipo I de 0.10. Las frecuencias de los perfiles fueron analizadas por el test de Mantel-Haenszel chi cuadrado, usando los procedimientos FreQ de SAS (1997).

Se midió el largo total de las 216 plantas del ensayo. El largo de planta fue utilizado como covariable para luego analizar los resultados de cosecha y poder diferenciarlos por efectos únicamente del tratamiento y no por el efecto de heterogeneidad en el tamaño de plantas.

A la hora de analizar los datos, se incorporó una variable al modelo correspondiente a las unidades de submuestreo, producto de los valores de cosecha por planta que no habían sido incluidas en el diseño experimental inicial ya que la unidad experimental de muestreo es la parcela.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DEFOLIACIÓN

Ninguno de los tratamientos defoliantes (fosfito de cobre y Dormex aplicados en mayo) resultó efectivo en producir una caída de hojas notoria. A campo mediante una apreciación visual, no se diferenciaban ninguno de los tratamientos. Al momento de las aplicaciones de junio todavía había hojas en las plantas de todo el ensayo.

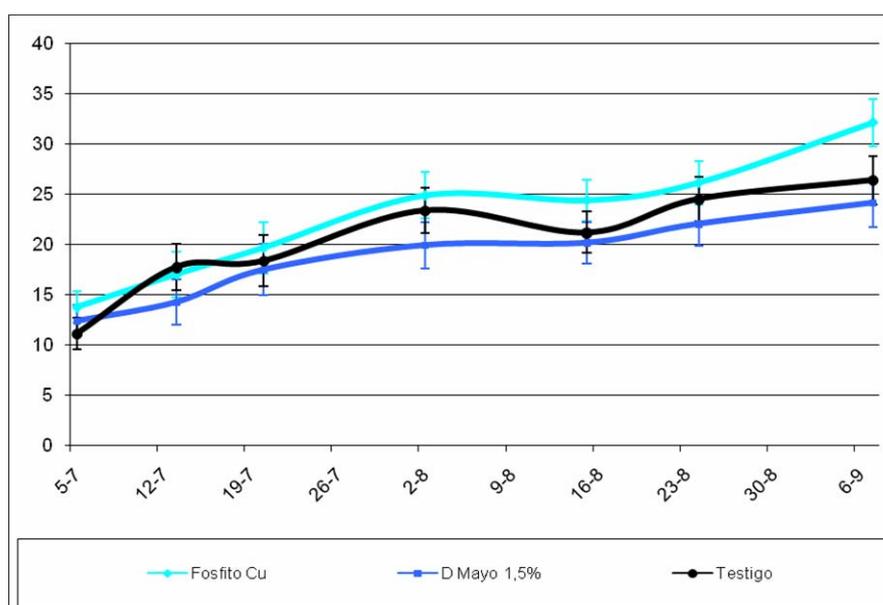
### 4.2 FENOLOGÍA

#### 4.2.1 Brotación reproductiva

Se observaron flores en antesis desde la primera semana de julio hasta la última semana de agosto (un período de 60 días). Todos los tratamientos registraron una intensidad de brotación reproductiva similar la primer semana de julio (Cuadro 6, Anexos).

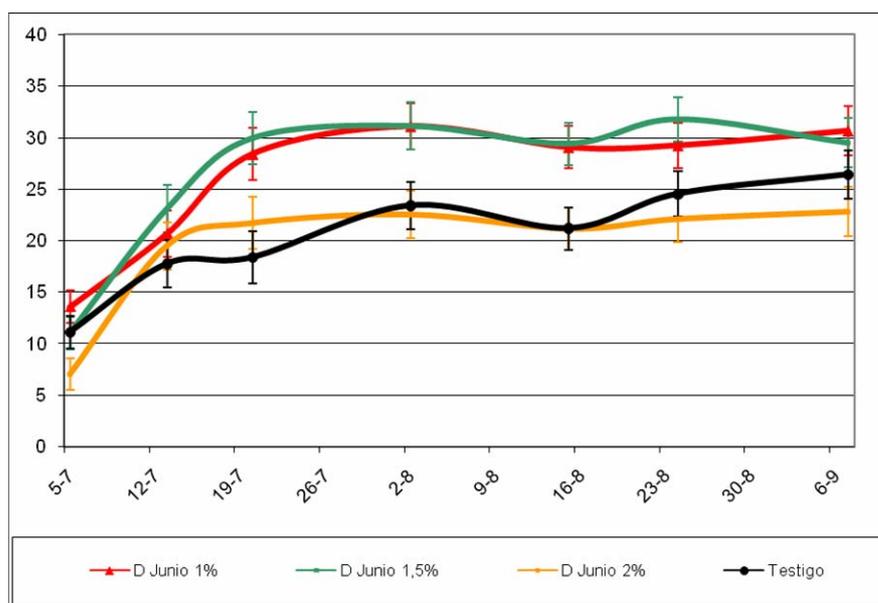
Por un lado, los tratamientos con objetivo defoliante no modificaron el patrón de brotación reproductiva, su comportamiento fue similar al testigo (Figura 3).

Figura No. 3. Evolución del número de yemas reproductivas brotadas cada 100 nudos (NYRB/100N) para los tratamientos con objetivo defoliante y para testigo.



Por otra parte, al 20 de julio, las plantas tratadas con Dormex en junio al 1 y 1.5% habían alcanzado el total de yemas reproductivas brotadas cada 100 nudos mientras que las plantas testigo y los tratamientos defoliantes alcanzaron ese máximo en la primer semana de setiembre (Figura 3). La pendiente en el primer tramo de la gráfica para el caso de los tratamientos de junio implica una mayor velocidad de brotación. Al 2% el número de yemas reproductivas brotadas en las primeras fechas fue significativamente menor por el daño provocado por fitotoxicidad, sin embargo, la evolución de la variable fue similar a la de los demás tratamientos de junio con una pendiente más pronunciada que los tratamientos testigo y defoliantes en las dos primeras fechas de evaluación.

Figura No. 4. Evolución del número de yemas reproductivas brotadas cada 100 nudos (NYRB/100N) para los tratamientos con objetivo compensador (Dormex aplicado en junio) y para el testigo.

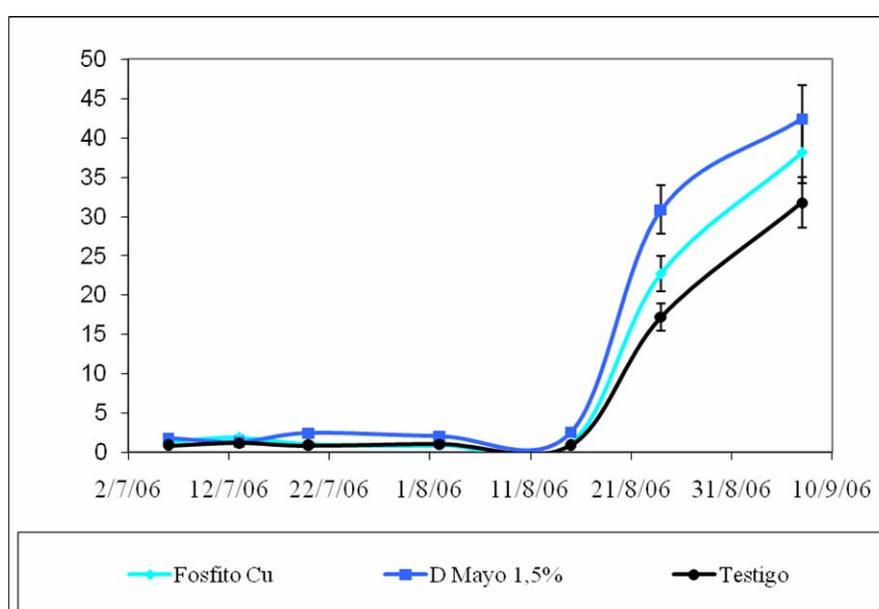


Si bien se observó un adelanto de la floración de aproximadamente un mes para los tratamientos con Dormex en junio al 1 y 1,5%, no se encontraron diferencias estadísticas en la brotación reproductiva final, por lo tanto, las aplicaciones de Dormex no provocaron un aumento de la brotación de yemas florales.

#### 4.2.2 Brotación vegetativa

Al igual que lo ocurrido en la brotación reproductiva, los tratamientos con objetivo defoliante no mostraron diferencias significativas en ninguna fecha en el número de yemas vegetativas brotadas comparados con el testigo (Figura 5).

Figura No. 5. Evolución del número de yemas vegetativas brotadas cada 100 nudos para los tratamientos con objetivo defoliante y para testigo.



El comienzo de la brotación vegetativa y el número total de yemas vegetativas brotadas fue significativamente afectado por los tratamientos de junio. Se observó en las aplicaciones al 1.5 y 2% un adelanto significativo de la brotación vegetativa, alcanzando el 20 de julio el 35 y 69% de las yemas vegetativas brotadas en relación a las finales respectivamente. Un mes más tarde, comenzó la brotación vegetativa en los otros tratamientos (Figura 6), así como también se observó un nuevo incremento en los tratamientos de junio al 1.5 y 2%. El adelanto de la brotación vegetativa fue mayor cuanto mayor es la concentración de cianamida. El número final de yemas vegetativas brotadas cada 100 nudos fue mayor para el tratamiento de junio al 2% comparado con los otros tratamientos, incluyendo el tratamiento de junio al 1,5% (Cuadro 7, Anexos).

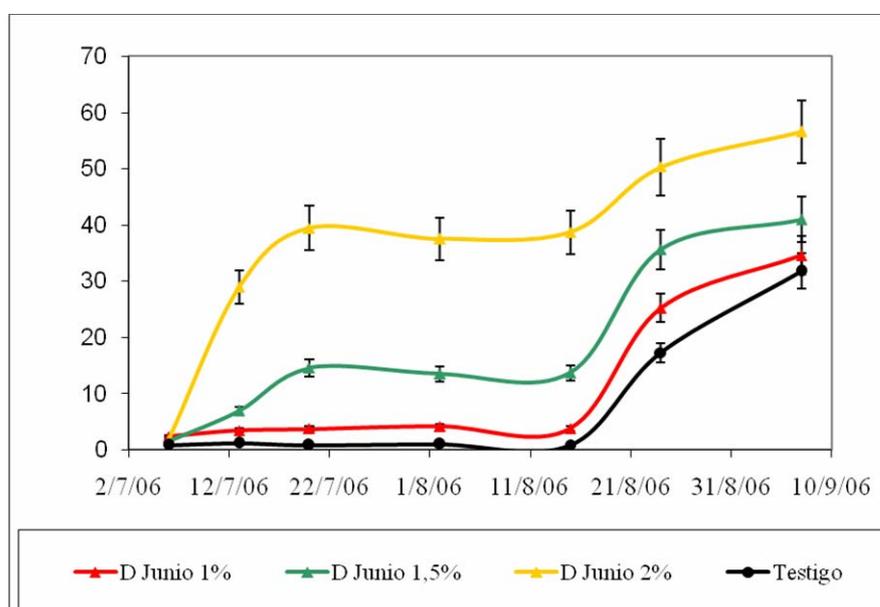
La correlación entre la densidad de yemas florales y el crecimiento vegetativo se explica por un fenómeno de dominancia apical, en donde estarían jugando un papel esencial los carbohidratos y sobre todo las hormonas (Maust et al., 2000). El incremento

de la brotación vegetativa observado en el tratamiento al 2% puede deberse entonces a dos factores:

- al propio efecto promotor del desarrollo vegetativo del Dormex y
- a la ruptura de la dominancia apical provocada por la fitotoxicidad del producto sobre las yemas reproductivas (más apicales).

No podemos cuantificar en que medida contribuye cada factor al efecto del incremento observado.

Figura No. 6. Evolución de las yemas vegetativas brotadas cada 100 nudos para los tratamientos con objetivo compensador (Dormex aplicado en junio) y para el testigo.



La floración ocurrió antes de la brotación vegetativa, lo que es consistente con lo reportado para arándanos cultivados en climas cálidos (Spiers y Draper 1974, Darnell y Williamson 1997, Williamson et al. 2001, Stringer et al. 2002).

#### 4.2.3 Fitotoxicidad del Dormex

Las aplicaciones de junio produjeron daños en las yemas, pero solo las aplicaciones al 2% resultaron en un daño significativo de yemas. Ese daño se correspondió con aproximadamente el 10% de las yemas reproductivas finales brotadas (Cuadro 2).

Cuadro No. 2. Número de yemas reproductivas cada 100 nudos dañadas por fitotoxicidad del Dormex (NYRD/100 nudos) según tratamiento y el correspondiente porcentaje relativo al total de yemas reproductivas brotadas (% YRF).

Tratamiento	NYRD/100 nudos	% YRF
Dormex Mayo 1.5%	0.0 b	0.0
Dormex Junio 1%	0.1 b	0.3
Dormex Junio 1,5 %	0.2 b	0.7
Dormex Junio 2%	2.3 a	10.1
Testigo	0.0 b	0
Desvío Estándar	0.3	--

El elevado número de yemas en estado 2 y 3 de Spiers (1978) al momento de la aplicación de Dormex explica el daño de fitotoxicidad del producto, como fue reportado por Williamson et al. (2001). Este efecto fitotóxico fue selectivo ya que los daños se observaron principalmente en las yemas reproductivas apicales, lo cual era esperable por la diferencia fenológica entre las yemas más apicales con respecto a las más basales.

Este daño rompió la dominancia apical, desinhibiendo la brotación lateral y causando un adelanto de la brotación vegetativa, proporcionalmente a la concentración, coincidiendo con el efecto citado por Maust (2000). Este adelanto en la brotación de las yemas vegetativas no se tradujo en un aumento de peso, coincidiendo con lo reportado para manzana. Los tratamientos con cianamida hidrogenada en manzanos realizados por Petri y Stucker (1995) mejoraron el área foliar, sin embargo ese efecto no se tradujo en un incremento del peso de fruta.

#### 4.2.4 Daño por heladas

El 1° y 2 de agosto del 2006, se registraron en la estación meteorológica de INIA Las Brujas temperaturas por debajo de 0° C, lo que repercutió en un daño de yemas (Cuadro 3). Los principales factores involucrados en producir daños por frío son: 1) la magnitud de las bajas temperaturas, 2) la duración de las bajas temperaturas y 3) las condiciones ambientales previas al frío. El estado fisiológico determina qué temperaturas y durante qué período de tiempo pueden ser toleradas (Galleta y Himelrick, 1990).

El 1° de agosto, durante 6 horas la temperatura estuvo por debajo de 0° C, y el 2 de agosto durante 4 horas se alcanzó -1.8° C a nivel de casilla, por lo tanto es esperable que a nivel de las plantas se hayan alcanzado temperaturas aún mas bajas. El estado fenológico predominante en ese momento era el estado 6 que corresponde a flor abierta

(Spiers, 1978). Dependiendo del cultivar y de las temperaturas precedentes, la flor abierta puede ser dañada a temperaturas de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Si las temperaturas bajan rápidamente luego de que ocurran temperaturas medias, los daños pueden ocurrir a temperaturas aún más elevadas (Gough, 1994). Esto favorece la desaclimatación de las plantas y aumenta la sensibilidad del tejido a las bajas temperaturas. Si analizamos como fue la evolución de las temperaturas previo a la ocurrencia de heladas, podemos observar que durante casi todo el mes de julio, las temperaturas medias del aire estuvieron muy por encima de la mediana histórica (Fig.4, Anexos).

Por lo tanto en esas fechas la ocurrencia de bajas temperaturas asociadas a la duración del fenómeno climatológico, a las temperaturas de los días precedentes y al estado fenológico susceptible predominante de las plantas, determinó que ocurriera un daño por helada importante.

La posición de la yema floral en el tallo y su estado de desarrollo influye en la habilidad de esa yema para escapar al daño por frío. Por ejemplo, yemas en los ápices de los tallos no se rustifican bien y son a menudo dañadas cada año. Yemas forales más basales están menos desarrolladas y más rustificadas (Hancock et al., 1987). Las flores en las puntas de los racimos se dañan más fácilmente que las flores más basales (Gough, 1994).

Cuadro No. 3. Número de yemas reproductivas cada 100 nudos dañadas por helada (NYRH/100 nudos) según tratamiento y el correspondiente porcentaje relativo al total de yemas reproductivas brotadas (% YRF).

Tratamiento	NYRH/100 nudos 15/8	NYRH/100 nudos 24/8	% YRF
Fosfito de cobre	1.3 a	1.8 a	5.6
Dormex Mayo 1.5%	0.8 a	1.6 a	6.6
Dormex Junio 1%	1.4 a	1.5 a	4.9
Dormex Junio 1,5 %	1.1 a	1.2 a	4.1
Dormex Junio 2%	0.7 a	0.7 a	3.1
Testigo	1.0 a	1.1 a	4.2
Desvío estándar	0.4	0.3	--

No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos en el número de yemas reproductivas dañadas por heladas. Sin embargo, era esperable que en los tratamientos que mostraron un adelantamiento en la fenología, hubiera ocurrido mayor daño de helada de flores por racimo. Las yemas reproductivas de arándanos dan origen a inflorescencias. Con la metodología de medición se evaluó el número de yemas

reproductivas dañadas y no el número de flores dañadas por yema, de esta forma se subestimó el daño por helada. Si bien al 2 de agosto, el número de yemas reproductivas brotadas cada 100 nudos era similar para todos los tratamientos (Cuadro 6, Anexos), el estado fenológico dentro de esas yemas brotadas no era el mismo. En el caso de los tratamientos con Dormex en junio la brotación reproductiva fue anticipada por lo tanto las estructuras reproductivas dentro de la yema estaban en estados más avanzados, y consecuentemente eran más susceptibles al daño por frío.

Esto también reduce el rendimiento potencial del cultivo en todos los tratamientos y especialmente en aquellos con Dormex en junio.

#### 4.3 DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA

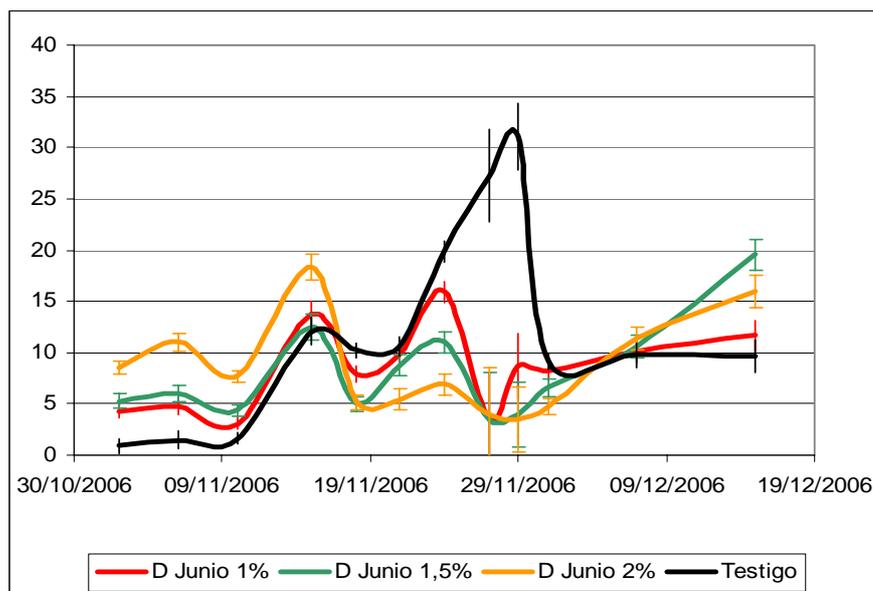
El adelanto de la brotación reproductivas se tradujo en un adelanto de la cosecha en los tratamientos con Dormex en junio. En las primeras tres fechas de cosecha, se cosechó un mayor número (Cuadro 4) y peso de fruto en estos tratamientos; exceptuando el tratamiento al 1% que sólo en la primer fecha de cosecha tuvo diferencias significativas con respecto al testigo.

Cuadro No. 4. Número de frutos cosechados por fecha para cada tratamiento.

Tratamiento	2/11	6/11	10/11	15/11	18/11	21/11	24/11	27/11	29/11	01/12	07/12	15/12
Fosfito Cu	2,1b	2,2c	1,8c	22,7a	15,7a	18,1a	37,9a	17,9a	32,9a	20,6a	23,7a	32,9a
D M	1,7b	1,9c	2,0c	21,5ab	16,2a	20,1a	39,5a	20,1a	34,0a	20,7a	23,5a	35,9a
D J 1%	7,9a	7,4b	5,3b	17,0b	8,8b	11,7b	19,0b	8,0b	19,5b	13,3b	18,0b	26,0a
D J 1,5%	7,0a	6,7b	6,0b	13,5b	6,1b	8,6bc	14bc	8,4b	14,9bc	11,1b	15,8b	37,4a
D J 2%	8,6a	10,6a	9,0a	18,1ab	6,3b	7,5c	10,7c	6,0b	9,1c	9,8b	17,7b	33,1a
Testigo	3,2b	3,0c	4,2b	20,8ab	14,4a	17,7a	34,2a	22,5a	32,2a	21,4a	25,1a	36,3a
CV	70,5	70,1	71,1	48,6	55,0	41,3	44,2	52,8	45,6	44,1	45,4	59,9

Al 15 de noviembre se había cosechado el 47%, 28% y 25% del peso total en los tratamientos al 2%, 1.5% y 1% aplicados en Junio respectivamente, mientras que en el testigo tan sólo se había cosechado el 16% (Figura 7).

Figura No. 7. Porcentaje del peso de fruta total cosechado por planta (%PF) para cada una de las fechas de cosecha, en los tratamientos con objetivo compensador (Dormex aplicado en junio) y testigo.



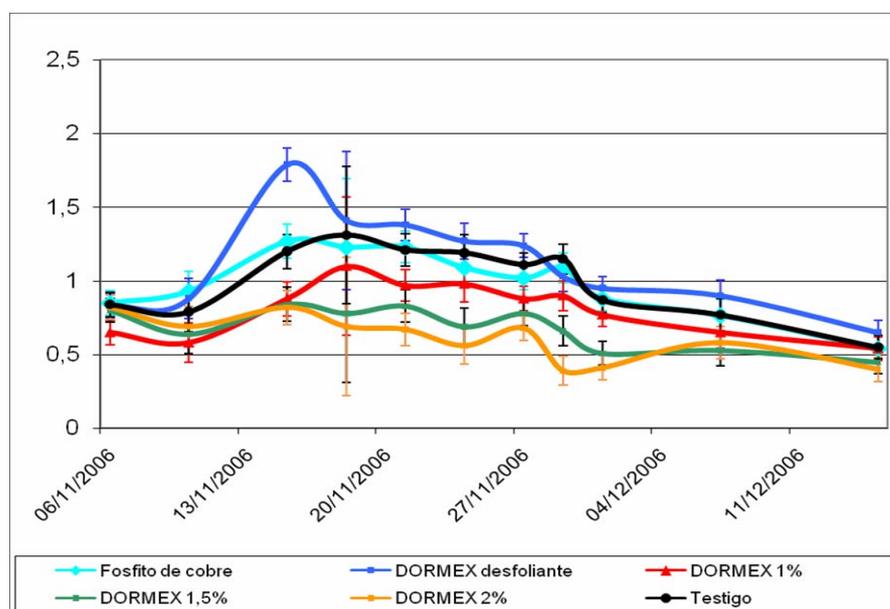
La mayoría de los resultados publicados sobre aplicaciones de cianamida, obtienen una cosecha más temprana debido a la reducción del período de desarrollo del fruto como consecuencia del adelanto en la brotación vegetativa (Williamson et al. 2001, Williamson et al. 2002, Stringer et al. 2002). Sin embargo, nuestros resultados también indican que la cianamida hidrogenada puede adelantar la brotación reproductiva e incrementar el número de frutos cosechados en las primeras fechas de cosecha (al 15 de noviembre). El adelanto de la brotación reproductiva por Dormex fue reportado para otros cultivos tales como durazneros (Lloyd y Firth, 1993) y manzanos (Haseeb y Elezaby, 1995).

#### 4.3.1 Evolución del peso medio de fruto

La aplicación de Dormex al 2%, la que causó mayor daño por fitotoxicidad, tuvo el mayor peso medio de fruta únicamente en la primera fecha de cosecha. En ese momento se cosechó el 8% del total de peso cosechado para ese tratamiento. En las siguientes fechas de cosecha, los tratamientos con Dormex en junio presentaron menores pesos medios de frutos (Figura 8).

El peso medio de fruto para todos los tratamientos varió a lo largo de la cosecha entre 1.13 y 0.52 g, obteniéndose los menores pesos de fruto hacia el final de la cosecha, lo que coincide con lo reportado por Strik et al. (2003). Al evaluar la evolución del peso medio de fruta, se registró un pico entre el 15 y el 20 de noviembre dependiendo del tratamiento (Figura 8). Considerando que ese pico también se observa en el testigo, se debería pensar en algún factor común que haya influido en el tamaño de fruta obtenido. Una posible explicación a este hecho podría ser que durante el período de desarrollo de los primeros frutos hubiera habido una limitante hídrica que haya afectado el peso final del fruto. Sin embargo existió una interacción entre el factor ambiental y el producto ya que dicho pico no se observó en los tratamientos con Dormex en junio al 1.5% y al 2%.

Figura No. 8. Evolución del peso medio de fruto en gramos (PMF) según tratamiento.



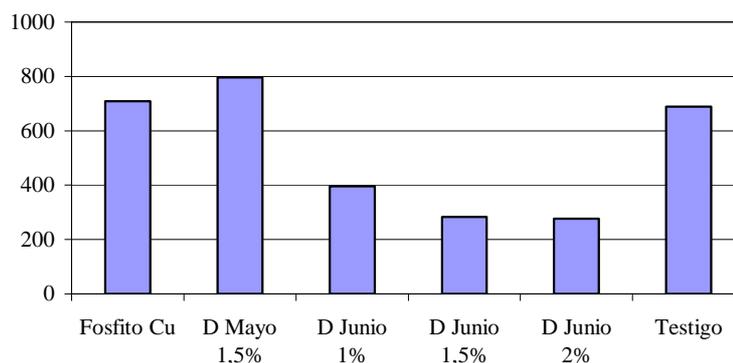
La evolución de esta variable a lo largo de la cosecha fue similar a la obtenida en un trabajo sobre poda en el cuál los mayores pesos medio de fruta, independientemente de los tratamientos, se obtuvieron en la segunda fecha de cosecha mostrando un pico similar al encontrado en la presente investigación (Strik et al., 2003).

#### 4.4 COMPONENTES DE RENDIMIENTO

La producción de arándanos depende de varios factores como número de racimos florales, número de flores por racimo y tamaño de fruta (Zenteno, 2004).

Todas las plantas que recibieron Dormex en junio tuvieron en forma significativa menores rendimientos que las demás plantas (Figura 9). Esta reducción en el rendimiento se debe a una disminución significativa del número de frutos por planta y del peso medio de fruto (Cuadro 5).

Figura No. 9. Rendimiento total en kg por hectárea considerando una densidad de plantación de  $3.3 \times 10^9$ .



Cuadro No. 5. Componentes de rendimiento: número de frutos por planta (NF) y peso medio de fruto (PMF, en g) y rendimiento total en peso (g) por planta.

Tratamiento	NF	PMF*	g/planta
Fosfito de cobre	202.8 a	0.97 b	201.5 a
Dormex Mayo 1.5%	210.1 a	1.14 a	236.4 a
Dormex Junio 1%	147.4 b	0.78 c	117.2 b
Dormex Junio 1,5 %	137.2 b	0.68 d	84.0 b
Dormex Junio 2%	138.5 b	0.63 d	82.4 b
Testigo	206.5 a	0.97 b	204.7 a
CV	25.7	19.4	33.7

\*- Para la variable PMF, el modelo con el largo de planta como covariable no dio significativo, por lo tanto se usó el análisis sin covariable.

#### 4.4.1 Número de frutos

La reducción del número de frutos se debe a dos grandes factores causantes de daño en las estructuras reproductivas: por un lado la fitotoxicidad provocada por el producto en las aplicaciones de junio y por otro lado el daño de flores por helada, el cual puede suponerse mayor en los tratamientos que recibieron Dormex en junio. Otro factor que puede haber afectado el número de frutos pero que no ha sido cuantificado en este trabajo es el cuajado de frutos.

Si bien el número de yemas reproductivas dañadas por heladas fue el mismo para todos los tratamientos es de suponerse que el daño no fue el mismo si se considera el número de flores dañadas por yemas. Estos resultados se deben a que la medición del daño se hizo en función de la incidencia por yema (dañado o no dañado) y no por el número de flores dañadas por yemas.

Entre los factores que afectan el cuajado de los frutos, se incluyen la compatibilidad de cruzamiento, presencia y actividad de polinizadores, estrés hídrico, nutrición de la planta, reguladores de crecimiento y acumulación de horas de frío (Davies, 1986). Cabe destacar que el cuajado de fruto es poco probable si la polinización se da 3 días después de la antesis (Galleta y Himelrick, 1990). Si bien existe la idea de que el frío insuficiente produce flores con menor capacidad de cuajar debido a la correlación positiva entre rendimiento y cantidad de frío acumulado (Lyrene y Crocker, 1983), no hay ninguna evidencia que sugiera que el frío insuficiente produce flores más débiles (Darnell y Davies, 1990).

Al adelantar aproximadamente un mes la brotación reproductiva, las condiciones en las que se dió la polinización no fueron las habituales. Las temperaturas más frías pueden haber afectado la presencia y sobre todo la actividad de los polinizadores. La posible menor actividad de las abejas podría haber reducido la polinización de flores y por tanto el cuajado de fruta, reduciendo de esta manera el número de frutos en aquellos tratamientos que mostraron un adelanto de la brotación reproductiva (tratamientos de Dormex en junio).

#### 4.4.2 Peso medio de fruto

El peso medio de fruto en todos los tratamientos, comparado con peso medio de otros ensayos, es bastante más pequeño de lo habitual. Los análisis foliares de la quinta no evidencian deficiencias nutricionales. Si bien no se determinó la efectividad de la polinización, podría ser una posible explicación al pequeño tamaño de fruta observado.

Según Maust et al. (2000), el cuajado de fruto en arándanos de tipo Southern Highbush, se puede dar previo o simultáneamente con la brotación vegetativa. Cuánto mayor sea la intensidad de floración, el porcentaje de brotación vegetativa será menor y menor será el crecimiento de nuevos tallos. Esto podría resultar en una disminución del peso de fruto (Maust et al., 1999a). Este efecto se podría atribuir al insuficiente suministro de carbohidratos y a la disminución en la asimilación de carbohidratos debido a la reducción del área foliar (Maust et al., 1999b).

Otro factor que influye en el desarrollo de fruto de arándanos es la temperatura nocturna. Temperaturas nocturnas cálidas (24° C) disminuyeron el cuajado de fruto y el

tamaño final de arándanos Rabbiteye comparado con temperaturas nocturnas frescas (16° C). Lo mismo está reportado para las temperaturas diurnas (Darnell y Williamson, 1997).

La mayoría del proceso de división celular en el fruto de arándano se completa antes de la antesis. Teniendo en cuenta que el número de células es el primer factor determinante del tamaño final de fruto en varios cultivos, es crítico que exista una disponibilidad suficiente de carbohidratos antes de la floración para el buen desarrollo de fruto (Maust et al., 2000). La suficiente cantidad de fuente antes de la floración está directamente relacionada con el desarrollo vegetal de la estación anterior y la acumulación de reservas. En general, cuánto mayor es la acumulación de frío, más vigoroso será el crecimiento en primavera (Gough, 1994). El tamaño de fruta se correlaciona generalmente con el vigor de la rama, ramas más vigorosas producen frutos más grandes (Galleta y Himelrick, 1990).

En los resultados obtenidos se ve una diferencia del tamaño de fruto entre los tratamientos que recibieron Dormex en junio y los que no. Es muy difícil precisar la razón exacta de este fenómeno por la interacción que puede haber ocurrido entre los daños de Dormex por fitotoxicidad, los daños por helada y el propio efecto del producto sobre la fisiología de la planta.

Los factores que afectaron el tamaño de fruta no son del todo claros, pero pueden haber interferido con la respuesta del crecimiento de fruto a la mejor relación hoja/flor.

Una posible explicación podría ser atribuida a la competencia que puede haberse dado entre el crecimiento vegetativo (estimulado en un momento mas temprano en los tratamiento que recibieron Dormex) y la brotación reproductiva (momento en el cual se estaba determinando el número de células por fruto). La reserva de carbohidratos podría influir en el largo de la brotación vegetativa y del subsecuente desarrollo de los brotes. Estudios indicaron que las hojas de arándanos se vuelven exportadoras netas de carbohidratos 7 a 10 días después de la brotación. Los cultivares en los cuales la brotación vegetativa se retrasa con respecto a la floración, como Misty, tienen una alta demanda de carbohidratos exigida por el crecimiento simultáneo de frutos y tallos (Maust et al., 2000), lo que podría estar influyendo en forma negativa el tamaño de frutos. Este efecto podría ser similar al producido por la estimulación del crecimiento vegetativo por Dormex en el momento de la brotación reproductiva.

#### 4.5 MOMENTOS DE APLICACIÓN

Al comparar los dos momentos de aplicación de Dormex, observando el comportamiento del tratamiento de Dormex aplicado al 1,5% en mayo y el tratamiento a

igual concentración aplicado en junio podemos afirmar que la aplicación de mayo, a diferencia de la de junio:

- no tuvo efecto en adelantar la brotación reproductiva,
- no adelantó la brotación vegetativa,
- no adelantó la cosecha y
- no disminuyó el rendimiento.

Como ha sido reportado en otros trabajos realizados en arándanos (Williamson et al. 2001, Stringer et al. 2002) y en manzanos (Manzi, 2007) la efectividad del producto depende de la acumulación de frío previa al momento de aplicación. En la primer fecha en la que se aplicó el Dormex, la acumulación de frío no fue suficiente para que el producto tuviera un efecto compensador.

## 5 CONCLUSIONES

La aplicación de Dormex en junio adelantó la brotación reproductiva y vegetativa. El adelanto en la brotación fue mayor cuanto mayor fue la concentración utilizada.

El Dormex aplicado en junio al 2% provocó un daño significativo de yemas reproductivas e incrementó el número de yemas vegetativas brotadas. No podemos cuantificar en qué medida este incremento se debe al efecto promotor del producto en el desarrollo vegetativo y cuánto al efecto indirecto por la ruptura de la dominancia apical debida al daño de yemas reproductivas.

Las aplicaciones de Dormex en junio adelantó la maduración de las bayas pero redujo significativamente el número y el peso de frutos cosechado por planta.

Si bien la cianamida hidrogenada es efectiva en adelantar la cosecha de arándanos O'Neal en nuestras condiciones, los objetivos de esta herramienta pueden ser diferentes. También podría ser utilizada para:

- adelantar la brotación vegetativa y mejorar la relación hoja flor durante las primeras etapas del período de desarrollo de fruto en variedades tardías
- promover el desarrollo de yemas laterales y por lo tanto mejorar la arquitectura de la planta en plantas jóvenes

Dependiendo del momento de aplicación y la concentración utilizada, puede haber daño por fitotoxicidad del producto. Para poder determinar con certeza el momento y la concentración indicados para el cultivar O'Neal en el sur del país, es necesaria la evaluación del Dormex en diferentes condiciones climáticas y en diferentes años, relacionándolo con el frío acumulado. De esta forma ajustar una herramienta productiva para un cultivo nuevo en el país.

## 6 RESUMEN

El cultivo de arándanos tipo Southern Highbush se ha difundido comercialmente en Uruguay desde el 2002. El rápido incremento en la superficie plantada se debe, por un lado a los buenos precios que se obtiene por la fruta en el mercado internacional en el período de contra estación con el hemisferio norte, y por otra parte a las buenas condiciones productivas con las que cuenta nuestro país para su cultivo. La aplicación de cianamida hidrogenada (Dormex) en nuestros inviernos cálidos y variables, es una de las prácticas culturales que podrían mejorar y adelantar la cosecha. El objetivo principal de este trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de tres concentraciones de  $H_2CN_2$  sobre el desarrollo fenológico, tamaño de fruta y rendimiento del cultivo. El ensayo fue conducido en una quinta comercial de arándanos, en el sur del país ( $34^{\circ} 44'$  latitud sur). Plantas del cultivar O'Neal (*V. corymbosum* L. hybrid) fueron pulverizadas con una solución de Dormex al 1.5% en mayo y a tres concentraciones diferentes (1, 1.5 o 2 %) en junio. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con seis plantas por tratamiento. Las variables medidas fueron: largo total de planta, número de nudos por planta, porcentaje de brotación reproductiva y vegetativa, número y peso de frutos cosechados en cada fecha (cosechas con una frecuencia de dos veces por semana). Las aplicaciones de Dormex realizadas en junio aceleraron la brotación reproductiva y vegetativa, adelantando la madurez de los frutos. La  $H_2CN_2$  aplicada al 1% incrementó un 8% el peso total cosechado por planta en los primeros 10 días de la cosecha. La aplicación de junio al 22 de  $H_2CN_2$  provocó daño de las yemas florales apicales, sobre todo en aquellas que se encontraban en los estados 2 y 3 al momento de la pulverización. Esta remoción de la dominancia apical estimuló el crecimiento de las yemas vegetativas laterales un mes previo a que se diera la brotación vegetativa en el tratamiento testigo. Si bien el número de yemas vegetativas brotadas fue mayor, el peso medio de fruto tan sólo se vio incrementado en la primera fecha de cosecha. El efecto en el número de frutos y el rendimiento total varió según las dosis empleados y la acumulación de frío en cada fecha de aplicación.

Palabras Claves: *Vaccinium corymbosum*; Dormición; Cianamida hidrogenada

7 SUMMARY

Southern Highbush Blueberry cultivars are becoming a high value crop in Uruguay since 2002. A rapid increase in surface area is due to the good prices of blueberries at the beginning of the off-season fresh market. The application of Hydrogen Cyanamide (Dormex) in our mild and variable winter is one of the cultural practices that may improve yields and advance harvest. The main objective of this research was to determine the effect of three rates of H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub> application on phenology development, fruit size and yield. This study was conducted in a commercial blueberry orchard, situated in the south of Uruguay (34° 44' south latitude). O'Neal plants (*V. corymbosum* L. hybrid) were sprayed with 1.5% of Dormex (v/v) in May and three rates in June (1, 1.5 and 2%). The experiments had a randomized complete block design with 6 plants per treatment with 6 replications in 2006. Variables measured were: total length plant, nodes number per plant, reproductive and vegetative budbreak, fruit number and total fruit weight (picked up twice per week during harvest). June applications of Dormex accelerated vegetative and reproductive budbreak, advancing fruit ripening. The H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub> applied at 1%, increased by 8% the total Kg/plant harvested in the first 10 days. The 2% H<sub>2</sub>CN<sub>2</sub> spray in June injured apical flower buds mainly at stages 2 and 3. This removal of the apical dominance stimulated growth of lateral vegetative buds one month earlier than the control. Even though the final number of vegetative budbreak was higher, the fruit weight was improved only on the first harvest date. The effect on fruit number and total harvest weight depended on the doses and chill hours accumulated at each application moment.

Keywords: *Vaccinium corymbosum*; Dormancy; Hydrogen cyanamide

8 BIBLIOGRAFÍA

1. AGUSTÍ, M. 2004. Fruticultura. Barcelona, Mundi-Prensa. 493 p.
2. ARORA, R.; ROWLAND, L.J; TANINO, K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *Horticultural Science*. 38(5): 911-921.
3. AUSTIN, M.E.; MULLINIX, B.G.; MASON, J.S. 1982. Influence of chilling on growth and flowering of rabbiteye blueberry. *Horticultural Science*. 17(5):768-769.
4. BARTOLINI, S.; VITAGLIANO, C.; CINELLI, F.; SCALABRELLI, G. 1997. Effect of hydrogen cyanamide on apricot bud break and catalase activity. *Acta Horticulturae*. no. 441. 159-166.
5. BASF. 2004. Productos, programas y folletos. Reguladores de crecimiento. Dormex. Folleto. Características. (en línea). Santiago. Consultado 16 nov. 2007. Disponible en [http://www.basf.cl/AGRO/folletos/dormex/cont\\_car.html](http://www.basf.cl/AGRO/folletos/dormex/cont_car.html)
6. BONHOMME, M.; REGEAU, R.; LACOINTE, A.; GENDRAUD, M. 2005. Influence of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral primordia and nearby structures of peach buds (*Prunus persica* L. Batch). *Scientia Horticulturae*. 105:223-240.
7. BUZETA, A. 1997. Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile. 133 p.
8. CARREÑO, J.; FARAJ, S.; MARTÍNEZ, A. 1999. The effect of hydrogen cyanamide on budburst and fruit maturity of “Thompson seedless” grapevines. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74(4):426-429.
9. CARTABELLOTTA D.; DI LORENZO R.; GIUFFRIDA S.; SOTTILE I. 1994. Ulteriori risultati sull'uso della idrogeno cianamide nella viticoltura da tavola. *Rivista di Frutticoltura*. 10: 61-65.
10. CONSTANTINO, E.; SANDOYA, M. 2006. Producción de arándanos en Uruguay. Tesis. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias Económicas. 146 p.
11. 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.

12. COUVILLON, A. 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees; a review. *Acta Horticulturae*. no. 395: 11-19.
13. CRABBE, J. 1994. Dormancy. In: ARNTZEN, C.J.; RITTER, E.M. eds. *Encyclopedia of agricultural sciences*. New York, Academic Press. vol. 1, 597-611.
14. DARNELL, R.L.; DAVIES, F.S. 1990. Chilling accumulation, budbreak and fruit set of young rabbiteye blueberry plants. *Horticultural Science*. 25(6):635-638.
15. \_\_\_\_\_; WILLIAMSON, J.G. 1997. Feasibility of blueberry production in warm climates. *Acta Horticulturae*. no. 446: 251-256.
16. DAVANZO, F.; FARAONI, L.; MICELI, G.; CONTICELLO, M.; BONGIOVANNI, L.; BALLARD, T.; SETTINI, L.; RUBBIANI, M.; MARCELLO, I.; BASCHERINI, S.; MEHLER, L. 2001. Pesticide-related illnesses associated with the use of a plant growth regulator. (en línea). *The Journal of the American Medical Association*. 268(22): 2804-2805. Consultado 27 jun. 2007. Disponible en <http://jama.ama-assn.org/cgi/content/full/286/22/2804>
17. DAVIES, F.S. 1986. Flower position, growth regulators, and fruit set of rabbiteye blueberries. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 111(3): 338-341.
18. DENNIS, F.G. 1994. Dormancy – What we know (and don't know). *Horticultural Science*. 29(11): 1249-1254
19. \_\_\_\_\_. 2003. Problems in standarizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. *Horticultural Science*. 38:347-350.
20. EREZ, A.; LAVEE, S.; SAMISH, R.M. 1971. Improved methods for breaking rest in the peach and other deciduous fruit species. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 96(4): 519-522.
21. \_\_\_\_\_. 1987. Chemical control of budbreak. *Horticultural Science*. 22(6): 1240-1243.

22. FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. New York, Wiley. 338 p.
23. FINETTO, G.A. 1990. The effect of hydrogen cyanamide on breaking endodormancy of mid-chilling apple cultivars in Yemen A. R. during 2 years. *Acta Horticulturae*. no. 329:268-270.
24. FUCHIGAMI, L.H.; NEE, C.C. 1987. Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. *Horticultural Science*. 22(5): 836-845.
25. GALLETA, G.; HIMELRICK, D. 1990. Strawberry management. Small fruit crop management. Englewood Cliffs, Prentice-Hall. 602 p.
26. 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.
27. GOUGH, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. New York, Food Product Press. 272 p.
28. HANCOCK, J.F; NELSON, J.W.; BITTENBENDER, H.C.; CALLOW, P.W; CAMERON, J.S; KREBS, S.L; PRITTS, M-P; SCHUMANN, C.M. 1987. Variation among Highbush blueberry cultivars in susceptibility to spring frost. *Journal of American Society of the Horticultural Science* 112(4):707-711.
29. \_\_\_\_\_; DRAPER, A.D. 1989. Blueberry culture in North America. *Horticultural Science*. 24(4):551-556.
30. HASSEEB, J. M.; 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.
31. LANG, G. A.; EARLY, J. D.; MARTIN, G. C.; DARNELL, R. L. 1987. Endo-, para- and ecodormancy; physiological terminology and classification for dormancy research. *Horticultural Science*. 22(3): 371-376.
32. \_\_\_\_\_. 1994. Dormancy—the missing links; molecular studies and integration of regulatory plant and environmental interactions. *Horticultural Science*. 29(11):1255-1263.

33. \_\_\_\_\_; NUGENT, J.; SCHWALIER, P. s.f. Plant growth regulators. (en línea). East Lansing. MSU Department of Horticulture. Northwest Horticultural Research Station. Clarksville Horticulture Experiment Station. Consultado 31 oct. 2007. Diponible en [http://web1.msue.msu.edu/epubs/pestpubs/E154/23-Plant\\_Growth\\_Regulators.pdf](http://web1.msue.msu.edu/epubs/pestpubs/E154/23-Plant_Growth_Regulators.pdf)
34. LLOYD, J.; COUVILLON, G.A. 1974. Effect of date of defoliation on flower and leaf bud development in the peach[J]. Journal of the American Society of Horticultural Science. 99: 514-517.
35. \_\_\_\_\_; FIRTH, D. J. 1993. Effect of hydrogen cyanamide and promalin on flowering, fruit set and harvest time of “Flordaprince” peach (*prunus persica* (L.) Batsch) in subtropical Australia. Journal of Horticultural Science. 68(2): 177-183.
36. LYRENE, P. M.; CROCKER, T. H. E. 1983. Poor fruit set ion rabbiteye blueberries after mild winters: possible causes and remedies. Proceedings of Florida State Horticultural Society. 96:195-197.
37. MANZI, M.J. 2007. Evaluación de diferentes tratamientos compensadores de frío en manzanos (*Malus domestica* Borkh.) Cv. ‘Royal Gala’. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 74 p.
38. MAUST, B.E.; WILLIAMSON, J.G.; DARNELL, R.L. 1999a. Flower bud density affects vegetative and fruit development in field grown Southern Highbush blueberry. Horticultural Science. 34:607-610.
39. \_\_\_\_\_. 1999b. Effects of flower bud density and reproductive development and carbohydrate relations in Southern Highbush blueberries. Journal of the American Society of Horticultural Science. 124: 532-538.
40. \_\_\_\_\_; WILLIAMSON, J.G.; DARNELL, R.L. 2000. Carbohydrate reserve concentrations and flower bud density effects on vegetative and reproductive development in Southern Highbush blueberry. Journal of the American Society of Horticultural Science. 254(4): 413-419.
41. MIZOBUTSI, G. P.; BRUCKNER, C. H.; SALOMÃO, L. C. C.; RIBEIRO, R.A.; FERREIRA da MOTTA, W. 2003. Efeito da aplicacao de cianamida hidrogenada e de oleo mineral em caquiizeiro. Revista Brasileira de Fruticultura. 25(1): 89-92.

42. NeSMITH, D.S; KREWER, G.; WILLIAMSON, J.G. 1998. A leaf bud development scale for rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). Horticultural Science. 33(4): 757.
43. NORVELL, D.J.; MOORE, J.N. 1982. An evaluation of chilling models for estimating rest requirements of Highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). Journal of the American Society of Horticultural Science. 107 (1): 54-56.
44. 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.
45. PIRES, E.J.P. ; POMMER, C.V. ; TERRA, M.M. ; PASSOS, I.R.S. 1999. Efectos de la cianamida cálcica y la cianamida hidrogenada sobre el nivel de dominancia de las yemas, la brotación, el rendimiento de la cepa Niagara Rosé en la región de Jundiaí, San Pablo, Brasil. Boletín O.I.V.72:457-483.
46. QUAGLIANI, A.J.; ZULIANI, S.B.; JONES, R.A.; QÜESTA, T.M. 2007. ¿Conviene producir arándanos en el sur de Santa Fé (Argentina)? In: Congreso Nacional de la Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura (11°. 2007, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, SUHF. 1 disco compacto, 8 mm.
47. RICHARDSON, E.; SEELEY, S.; WALKER, D. 1974. A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” and “Elberta” peach trees. Horticultural Science. 9 (4): 331-332.
48. ROWLAND, L.J.; ARORA, R. 1997. Proteins related to endodormancy (rest) in woody perennials. Plant Science. 126: 119-124.
49. SAS. 1997. STAT Software; Changes and enhancements through release 6.12. Cary, NC, SAS Institute. 1167 p.
50. SAURE, M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. Horticultural Reviews. 7: 239-300.
51. SEELEY, S. D. 1994. Dormancy – The black box. Horticultural Science. 29(11): 1248
52. SHARPE, R.H.; SHERMAN, W.B. 1971. Breeding blueberries for low chilling requirements. Horticultural Science. 6(2): 145-147.

53. SILLER-CEPEDA, J.H.; FUCHIGAMI, L.H.; CHEN T.H.H. 1992. Hydrogen cyanamide-induced budbreak and phytotoxicity in "Redhaven" peach buds. *Horticultural Science*. 27(8): 874-876.
54. SPIERS, J.M.; DRAPER, A.D. 1974. Effect of chilling on bud break in rabbiteye blueberry. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 99(5):398-399.
55. \_\_\_\_\_. 1978. The effect of bud stage development on cold injury in rabbiteye blueberry. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 103: 452-455.
56. STRIK, B.; BULLER, G.; HELLMAN, E. 2003. Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *Horticultural Science*. 38(2): 196-199.
57. STRINGER, S. J., SPIERS, J. M., MARSHALL, D. A.; BRASWELL, J. H. 2002. Effects of hydrogen cyanamide application rates and timing on fruit and timing on fruit and foliage of 'Climax' rabbiteye blueberry. *Journal Acta Horticulturae*. 574: 245-251.
58. SUBHADRABANDHU, S. 1995. Induction of budbreak in apple trees that received insufficient chilling by hydrogen cyanamide. *Acta Horticulturae*. no. 409: 171-178.
59. URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO. OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO. s.f. Programa de Competitividad de Conglomerados y Cadenas Productivas, conglomerado. Arándanos. (en línea). Montevideo. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en <http://www.diprode.opp.gub.uy/pacc/index1.htm>
60. UZUN, H. I. 1997. Effects of hydrogen cyanamide application at various times, during dormancy on phenological stages and fruit characteristics of grapes. *Acta Horticulturae*. no. 441: 201-205.
61. VASCONCELOS BOTELHO, R.; PAIOLI PIRES, E.J.; MONTEIRO TERRA, M. 2002. Brotacao e produtividade de videiras da cultivar centennial seedless (*Vitis vinifera* L.) tratadas con cianamida hidrogenada na regioo noroeste do estado de Sao Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24(3): 611-614.
62. VILARÓ, F; SORIA, J. 2006. El cultivo de arándanos. (en línea). Anuarios 2006 OPYPA. MGAP. s.p. Consultado 24 mar. 2008. Disponible en

<http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/docs/20%20-%20A RANDANO%20VILARO.pdf>

63. WANG, S.Y.; JIAO, H.J.; FAUST, M. 1991. Changes in metabolic enzyme activities during thidiazuron-induced lateral budbreak of apple. *Horticultural Science*. 26(2): 171-173.
64. WEINBERGER, J.H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*. 56:122-128.
65. WILLIAMSON, J.G.; LYRENE, P.M. 1995. Commercial blueberry production in Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences, Univ. Florida. Publication SP 179.
66. \_\_\_\_\_; MAUST, B.E.; NeSMITH, D.S. 2001. Timing and concentration of hydrogen cyanamide affect blueberry bud development and flower mortality. *Horticultural Science*. 36(5):922-924.
67. \_\_\_\_\_; KREWER, G.; MAUST, B.E.; MILLER, E.P. 2002. Hydrogen cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. *Horticultural Science*. 37(3):539-542.
68. ZENTENO, L.M. 2004. Aplicación de ácido giberélico (GA3) en arándano alto (*Vaccinium corymbosum*) cv. Duke. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile. Facultad de Agronomía. 12 p.

9 ANEXOS

Cuadro 6. Número de yemas reproductivas brotadas cada 100 nudos por planta para las 7 fechas de muestreo. D M – Dormex aplicado en mayo. D J – Dormex aplicado en junio. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas al 0.1.

	06/07	13/07	20/07	02/08	15/08	24/08	07/09
Fosfito Cu	13,76 a	17,03 a	19,67 b	24,88 ab	24,40 ab	26,15 ab	32,12 a
D M	12,39 ab	14,27 a	17,48 b	19,94 b	20,18 b	22,06 b	24,15 a
D J 1%	13,58 a	20,68 a	28,40 ab	31,10 a	29,06 ab	29,24 ab	30,66 a
D J 1,5%	11,03 ab	23,09 a	29,93 a	31,11 a	29,40 a	31,77 a	29,48 a
D J 2%	7,04 b	19,50 a	21,68 ab	22,51 ab	21,13 b	22,07 b	22,78 a
Testigo	11,12 ab	17,75 a	18,37 b	23,40 ab	21,19 b	24,53 ab	26,41 a
Media	11,48	18,72	22,61	25,49	24,23	25,97	27,6
Desvío Estándar	1.6	2.3	2.5	2.3	2.1	2.2	2.4

Cuadro 7. Número de yemas vegetativas brotadas cada 100 nudos por planta, para las 7 fechas de muestreo. . D M – Dormex aplicado en mayo. D J – Dormex aplicado en junio. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas al 0.1.

	06/07	13/07	20/07	02/08	15/08	24/08	07/09
Fosfito Cu	1,32 a	1,85 b	1,03 c	0,87 c	1,01 c	22,75 bc	38,09 b
D M	1,77 a	1,31 b	2,45 c	2,08 c	2,53 c	30,85 b	42,42 b
D J 1%	2,35 a	3,44 b	3,73 c	4,16 c	3,74 c	25,21 bc	34,58 b
D J 1,5%	1,57 a	6,91 b	14,52 b	13,45 b	13,68 b	35,60 b	40,94 b
D J 2%	1,60 a	28,91 a	39,44 a	37,52 a	38,66 a	50,32 a	56,55 a
Testigo	0,82 a	1,16 b	0,82 c	1,00 c	0,85 c	17,23 c	31,76 b
Media	1,57	7,26	10,33	9,85	10,09	30,33	40,72
Desvío estándar	0.6	2.0	2.2	2.0	2.0	3.3	3.0

Figura 4. Temperatura media del aire decádica para los meses de julio 2006 a julio 2007 (datos de INIA Las Brujas).

