



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO PARA RETRASAR LA MADURACIÓN
DE CEREZAS (*Prunus avium* L.) EN EL SUR DE CHILE.**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO Y AL
GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AGROPECUARIAS MENCIÓN EN
PRODUCCIÓN FRUTÍCOLA.

JUAN IGNACIO ABURTO BASTÍAS

DIRECTORES DE TESIS

KAREN SAGREDO URRA
TOMÁS COOPER CORTÉS

PROFESOR CONSEJERO

CARLOS MUÑOZ SCHICK
THOMAS FICHET LAGOS

SANTIAGO DE CHILE
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO PARA RETRASAR LA MADURACIÓN
DE CEREZAS (*Prunus avium* L.) EN EL SUR DE CHILE.**

Tesis presentada para optar al Título profesional de Ingeniero Agrónomo y al grado de
Magíster en Ciencias Agropecuarias con mención en Producción Frutícola.

Juan Ignacio Aburto Bastías

	Calificaciones* (Memoria de Título)	Calificaciones** (Tesis de Grado)
Directora de Tesis		
Karen Sagredo Urra Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	6,7	Aprobado
Director de Tesis		
Tomás Cooper Cortés Ingeniero Agrónomo, Dr. sc. agr.	6,8	Aprobado
Profesor consejero		
Carlos Muñoz Schick Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.	6,7	Aprobado
Thomas Fichet Lagos Ingeniero Agrónomo, Dr.	5,8	Aprobado

Santiago, Chile
2012

* Escala de 1 a 7; válido para alumnos de Educación continua de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad de Chile.

** Aprobado o Reprobado.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada uno de los profesores de esta gran universidad por formarme como profesional. Especial atención a mis profesores directores y consejeros por su apoyo y trabajo en esta tesis.

Al Proyecto Fondef D07I1003 “Tecnología sustentable para la producción de cerezas de exportación en la Zona Centro-Sur de Chile (Los Ángeles a Osorno) por financiar el desarrollo de esta investigación.

He tenido la suerte de conocer grandes personas a lo largo de mis años universitarios, gracias a cada uno de mis compañeros por su amistad.

Los infinitos agradecimientos y cariños a toda mi familia por la formación como persona que generó en mí, además de su apoyo incondicional durante toda mi vida.

Todo lo que he logrado en mi vida se lo debo fundamentalmente a mi madre, Patricia del Carmen, la cual me ha apoyado y confiado en mí en todo momento. Gracias mamá porque gran parte de este logro es gracias a usted.

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras claves	2
ABSTRACT	2
Key words	3
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis	6
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Lugar de estudio y material vegetal	7
Tratamientos y diseño experimental	7
Procedimiento	8
Evaluaciones	9
Rama	10
Color	10
Índice de color (IC)	10
Distribución de tamaños	10
Masa de frutos	10
Firmeza	11
Concentración de sólidos solubles	11
Características del pedúnculo	11
Árbol	11
Eficiencia productiva	11
Defectos de la fruta	11
Firmeza	11
Partidura inducida de frutos	11
Acidez titulable	12
Distribución de tamaños	12
Color, tamaño, masa individual de frutos, contenido de sólidos solubles e índice de color	12
Análisis de calcio en frutos	12
Calidad post-almacenamiento refrigerado	12
Seguimiento de diferenciación floral	12
Diferenciación floral	12
Índice de diferenciación floral (IDF)	13
Retorno floral	13
Análisis estadístico	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Ensayo 1: Variedad Lapins	14
Desarrollo de frutos	14

Cosechas parcializadas del árbol	17
Partidura inducida	19
Eficiencia productiva y calidad de fruta	22
Postcosecha de frutos	28
Diferenciación floral	31
Ensayo 2: Variedad Sweetheart®	35
Desarrollo de frutos	35
Partidura inducida	37
Distribución de calibres	40
Eficiencia productiva y calidad de fruta	41
Postcosecha de frutos	45
Diferenciación floral	50
Ensayo 3: Variedad Regina	53
Diferenciación floral	53
BIBLIOGRAFÍA	58
APÉNDICE	66

RESUMEN

La aplicación de ácido giberélico (GA_3) es comúnmente practicada por los productores de cerezos (*Prunus avium* L.) para mejorar la firmeza y tamaño de los frutos, y retrasar la cosecha. En las condiciones del sur de Chile, zona de alto potencial para el cultivo, no se han evaluado los efectos de estas aplicaciones en las variedades cultivadas actualmente. El objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto de distintas épocas y concentraciones de la aplicación en precosecha de GA_3 sobre la maduración y calidad de los frutos de cerezo. Los tratamientos fueron 10 y 20 $mg \cdot L^{-1}$ de GA_3 , aplicados en frutos de color amarillo pajizo y en algunos casos verde traslúcido, con o sin una segunda aplicación luego de 5 días. Adicionalmente se contó con un tratamiento de 40 $mg \cdot L^{-1}$ de GA_3 en amarillo pajizo y un control sin aplicación. Las variedades estudiadas fueron Sweetheart® y Lapins injertadas sobre patrón Cab 6P y Regina sobre 'Gisela 6'. Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la madurez de la fruta y su capacidad de guarda luego de 30 días de almacenamiento y sobre la susceptibilidad a la partidura. Adicionalmente se determinó el efecto sobre la diferenciación de yemas florales. En la variedad Regina sólo se realizó seguimiento de las yemas florales.

Se determinó un aumento en la firmeza y tamaño de los frutos como efecto de las aplicaciones de GA_3 , además de un retraso en la maduración de la variedad Lapins, con un retardo en la cosecha en cerca de 7 días con respecto al control en los tratamientos de 40 $mg \cdot L^{-1}$ de GA_3 y 20 $mg \cdot L^{-1}$ de GA_3 aplicado en amarillo pajizo y 5 días posteriores. Al evaluar la susceptibilidad a la partidura de frutos mediante la inmersión en agua destilada, se observó una disminución de este problema en la variedad Lapins, no así en la variedad Sweetheart®. Luego del almacenamiento refrigerado, los frutos mantuvieron su firmeza, pero fue negativa la alta incidencia de pardeamiento del pedúnculo y "pitting" en frutos, afectando principalmente a todos los tratamientos en la variedad Sweetheart®. En cuanto a la diferenciación floral, si bien hubo un retraso del desarrollo, al final de la temporada las yemas de los distintos tratamientos y el control alcanzaron el estado final de diferenciación floral evaluado, donde todos los órganos florales estaban diferenciados, incluyendo sépalos, pétalos, estambres y el pistilo. En términos generales, la aplicación de GA_3 mejoró la firmeza y tamaño de frutos. Los tratamientos de 40 $mg \cdot L^{-1}$ en amarillo pajizo o 20 $mg \cdot L^{-1}$ aplicado en amarillo pajizo y 5 días después, retrasan la coloración apta para cosecha de los frutos tratados en aproximadamente una semana, y por ende su cosecha.

Palabras claves

Calidad de frutos, GA_3 , firmeza, retraso de cosecha, diferenciación floral, postcosecha.

ABSTRACT

The application of gibberellic acid (GA₃) is commonly practiced by sweet cherry (*Prunus avium* L.) growers to improve fruit firmness and size, and to delay harvesting. Under the conditions of southern Chile, an area of high potential for the cultivation, the effect of these applications has not been assessed in the currently cultivated varieties.

The main objective of this study was to determine the effects of different times and concentrations of preharvest application of GA₃ on ripening and fruit quality. The treatments were 10 and 20 mg·L⁻¹ of GA₃, applied to “straw yellow” fruits, with or without a second application after 5 days. Additionally, a treatment of 40 mg·L⁻¹ of GA₃ in “straw yellow” and an untreated control were included. The varieties studied were Sweetheart[®] and Lapins grafted on Cab 6P and Regina on 'Gisela 6' rootstock. The evaluations consisted of fruit maturity and quality at harvest and after 30 days of cold storage and cracking susceptibility. Additionally, the effect on flower buds differentiation was assessed. In 'Regina' only flower buds evaluations were performed.

In Lapins cultivar treatments of 40 mg·L⁻¹ of GA₃ and 20 mg·L⁻¹ of GA₃ applied at “straw yellow” fruits and after 5 days, an increase in firmness and fruit size, and a delay in maturity was detected, postponing harvest in about 7 days compared to the control. Regarding to cracking susceptibility by immersion in distilled water, there was observed a reduction of this problem in 'Lapins', but not in the 'Sweetheart'[®]. After cold storage, the fruit had a higher firmness but negative incidence of stem browning and "pitting" with every treatments in Sweetheart[®] variety. While floral bud differentiation is affected by delaying, the end of the season the buds of different treatments and control have the final state of floral differentiation evaluated, where all are different floral organs, including sepals, petals, stamens and pistil.

In general, the application of GA₃ improved firmness and size of fruits. The treatment of 40 mg·L⁻¹ of GA₃ in straw yellow or 20 mg·L⁻¹ of GA₃ applied to straw yellow color and 5 days later, delay the color for fruit treated harvest in about a week, and thus their harvest.

Key words

Fruit cherry, fruit quality, GA₃, firmness, delayed harvest, floral differentiation, postharvest.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del cerezo es actualmente una buena alternativa de negocio para los productores del sur de Chile, en particular para las regiones del Bio-Bio, La Araucanía, Los Lagos y Los Ríos. En esta zona existen localidades de clima y suelo para la producción de cerezas tardías con destino al mercado de exportación e interno. Todas las prácticas destinadas a abastecer el mercado tardío en la temporada, se justifican pues permiten obtener mejores precios dada la menor oferta de fruta fresca.

La utilización comercial de ácido giberélico (GA_3), en los huertos de cerezos, es una práctica común en muchos países (Wertheim y Webster, 2005; Kappel y MacDonald, 2007; Looney, 1996; Lenahan *et al.*, 2008), dado su efecto sobre el retraso de la maduración, aumento de la firmeza (Horvitz *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2002) y la masa del fruto (Podestá *et al.*, 2001), y disminución de la incidencia de partidura (Podestá *et al.*, 2001; Unesik *et al.*, 2005). Las aplicaciones de GA_3 en precosecha pueden provocar efectos sobre la concentración de sólidos solubles (Kappel y McDonald, 2007), la acidez titulable (Choi *et al.*, 2002), la incidencia de “pitting” (Özkaya *et al.*, 2006), características del pedúnculo (Horvitz *et al.*, 2003) y en el retorno floral (Lenahan *et al.*, 2008; Wertheim y Webster, 2005; Lenahan *et al.*, 2006).

El fruto del cerezo tiene un patrón de crecimiento que sigue una curva doble sigmoidea (Choi *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2004) donde se destacan 3 fases: fase I en la cual predomina la división celular, fase II de endurecimiento de carozo y fase III de mayor elongación celular. El momento oportuno para la aplicación del GA_3 se ha establecido como aquel en que el fruto se encuentra en la fase II de crecimiento y su color es amarillo pajizo (“paja de trigo”) (Horvitz *et al.*, 2003; Kappel y McDonald, 2007).

El retraso de la maduración (Horvitz *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2004; Cline y Trought, 2007; Podestá *et al.*, 2001; Lenahan *et al.*, 2008; Kappel y MacDonald, 2007; Unesik *et al.*, 2005) produce un retardo en la coloración de la epidermis de los frutos, provocando con ello que la cosecha se retrase por algunos días (Choi *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2004; Unesik *et al.*, 2005). Kondo y Gemma (1993) sugieren que el contenido de ácido abscísico (ABA) en el fruto puede estar relacionado con la tasa de crecimiento, maduración y coloración de estas. Con tales antecedentes, se indica que el incremento de los niveles endógenos de ABA, al inicio de la etapa de maduración, puede ser necesaria para inducir la maduración de las cerezas (Setha *et al.*, 2005). Ensayos realizados por Kondo y Gemma (1993) concluyen que aplicaciones exógenas de ABA al fruto, 36 días después de plena flor (DDPF) (envero), aumenta el contenido total de azúcares y antocianos en el fruto. El efecto de aplicaciones de GA_3 en la concentración de ABA tiene un papel importante en la maduración de los frutos (Kondo y Danjo, 2001). Estos autores aplicaron $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de

GA₃ a los 23 DDPF, detectando una menor concentración de ABA a los 36 días en los frutos tratados que en los frutos sin aplicación, pero a los 56 DDPF (cercano a cosecha) la concentración de ABA fue mayor en los tratados que en el control. Estos autores evaluaron la evolución en la concentración de antocianos luego de la aplicación hasta cosecha, concluyendo que los frutos tratados con GA₃ tienen una menor concentración, similar a los resultados obtenidos por Proebsting *et al.* (1973). Kondo y Danjo (2001) concluyen que los tratamientos con GA₃ retrasan la maduración de los frutos al bloquear el inicio de la actividad del ABA.

Uno de los efectos buscados con las aplicaciones de GA₃ es el aumento de la firmeza de los frutos (Horvitz *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2004; Cline y Trought, 2007; Kappel y MacDonald, 2007; Unesik *et al.*, 2005; Özkaya *et al.*, 2006). La firmeza disminuye significativamente luego del endurecimiento del carozo, relacionándose inversamente con el aumento de actividad de las enzimas hidrolíticas de la pared celular como la poligalacturonasa, pectinmetilesterasa y carboximetilcelulasa (Andrews y Li, 1995). Ensayos en 'Lapins' y '13S-27-17', ambas de maduración tardía, realizados por Choi *et al.* (2004) indican que tratamientos con GA₃ aplicados al estado de "amarillo pajizo" de los frutos, retrasan la iniciación de la actividad de la enzima poligalacturonasa y carboximetilcelulasa. Andrews y Li (1995) obtuvieron resultados similares en la variedad Bing e indican que la enzima pectinmetilesterasa disminuye su actividad al aplicar GA₃. Las enzimas hidrolíticas de la pared celular pueden afectar el ablandamiento de los frutos de cerezo y GA₃ puede mantener la firmeza de los frutos por la regulación de la actividad de esas enzimas (Andrews y Li, 1995).

El tamaño y la masa del fruto son parámetros determinantes en el precio de la fruta. Investigaciones demuestran que con aplicaciones de GA₃ se logra un aumento en la masa promedio de los frutos (Horvitz *et al.*, 2003; Cline y Trought, 2007; Kappel y MacDonald, 2007; Podestá *et al.*, 2001). Sin embargo, Unesik *et al.* (2005) no encontraron un efecto del GA₃ en la masa de los frutos. Horvitz *et al.* (2003) señalan que con un retraso de 5 días en la fecha de cosecha se extiende el período de crecimiento del fruto, el cual puede ser el responsable del aumento del tamaño y masa obtenidos con las aplicaciones de GA₃.

En la mayoría de los estudios realizados, no se ha determinado un efecto claro de las aplicaciones de GA₃ en el contenido final de sólidos solubles de los frutos (Horvitz *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2004; Cline y Trought, 2007; Unesik *et al.*, 2005; Podestá *et al.*, 2001). Kappel y MacDonald (2007) encontraron un aumento de los sólidos solubles en la variedad Sweetheart[®] e indican que el efecto de los tratamientos de GA₃ cambia según la variedad, lugar y año. Ensayos realizados por Choi *et al.* (2002) indican que la acumulación de sólidos solubles se retrasa levemente con las aplicaciones de GA₃, pero no observaron diferencias en evaluaciones al momento de la cosecha. Horvitz *et al.* (2003), trabajando con la variedad Sweetheart[®], concluyen que durante la última semana de crecimiento continuo del fruto, antes de cosecha, la acumulación de sólidos solubles no fue

significativa, por lo cual un retraso en la cosecha no necesariamente implica un mayor contenido de sólidos solubles.

Según diversos autores, las aspersiones de GA₃ aumentaron la acidez titulable de los frutos de 'Lapins' (Choi *et al.*, 2002; Choi *et al.*, 2004) y 'Sweetheart'[®] (Kappel y McDonald, 2007). Por el contrario, en trabajos realizados por Unesik *et al.* (2005) en 'Van' y 'Sunburst' hubo una disminución en la acidez de los frutos tratados. Choi *et al.* (2002) indican que la respuesta de la acidez titulable no es consistente y varía dependiendo de la variedad y localidad.

Uno de los principales problemas de calidad, en el sur de Chile, es la partidura en frutos ("cracking"). La susceptibilidad a la partidura es mayor durante la madurez (Christensen, 1996), en años con altas precipitaciones, la partidura de frutos puede llegar a un 90% en variedades más susceptibles (Unesik *et al.*, 2005). Las aspersiones de GA₃ han sido evaluadas en muchos lugares donde se cultiva cerezo, dado que se sostiene que el tratamiento reduce la partidura de frutos. Sin embargo, los resultados han sido contradictorios (Cline y Trought, 2007). Se han realizado ensayos donde se ha obtenido una menor incidencia de partidura (Podestá *et al.*, 2001; Unesik *et al.*, 2005), mientras que en otros aumentó la proporción de frutos dañados (Cline y Trought, 2007). Horvitz *et al.* (2003) discuten que probablemente el GA₃ no tiene un efecto *per se* en frutos de 'Sweetheart'[®] e indican además que no existen diferencias en el índice de partidura de Christensen (1996) entre los frutos control y los tratados con GA₃ en una misma madurez de cosecha.

Otro problema que puede afectar la calidad de los frutos destinados a exportación es la presencia de "pitting" en ellos. Un efecto de los tratamientos con GA₃ puede ser la supresión o retraso del desarrollo de "pitting" en frutos (Unesik *et al.*, 2005, Facteau y Rowe, 1979). El "pitting" se produce por un daño en las células de la epidermis del fruto que colapsan y se deshidratan (Looney *et al.*, 1996), produciéndose principalmente por la manipulación en cosecha y labores de embalaje (Kupferman, 1994). Looney *et al.* (1996) indican que el "pitting" no es detectado después que la fruta es embalada y almacenada, sino luego de llegar al consumidor.

Uno de los problemas más graves de los frutos luego de frío es el pardeamiento del pedúnculo (Özkaya *et al.*, 2006), además el color del pedúnculo y su apariencia es usado como criterio para determinar el valor de mercado (Drake y Elfving, 2002; Linke *et al.*, 2010) ya que es usado como indicador de la frescura y óptima calidad de los frutos (Linke *et al.*, 2010). Este parámetro de calidad es importante para los productores y exportadores de la zona sur, dado que la mayoría de la fruta es exportada y debe mantenerse por un período de tiempo en almacenamiento refrigerado. Los efectos de la aplicación de GA₃ son contradictorias en distintas investigaciones en el mundo.

Por otra parte, se ha observado que las aplicaciones de GA₃ presentan un efecto reductor del número de flores por árbol en nectarinos y durazneros a la temporada siguiente (González-Rossia *et al.*, 2007). La época de la aplicación de GA₃ ha demostrado ser crucial en la inhibición de la inducción floral (Lenahan *et al.*, 2008). Facticeau *et al.* (1989) trabajando en cerezo, reportaron que aplicaciones de GA₃ en plena floración no tienen efecto sobre el retorno floral, siendo mínimo al ser aplicado en la etapa II del crecimiento del fruto, mientras que es severa cuando el GA₃ es aplicado a inicio de la fase de maduración. Lenahan *et al.* (2006) señalan que la aplicación de GA₃ en altas concentraciones, desde 50 mg·L⁻¹ hasta 200 mg·L⁻¹, al final de la etapa I y/o II, resultaron en una reducción en el rendimiento por árbol y un aumento en el masa, firmeza y sólidos solubles de los frutos a la temporada siguiente.

Hipótesis

Las distintas concentraciones y épocas de aplicación del ácido giberélico (GA₃) afectan diferencialmente el retraso de la maduración y la calidad de los frutos de cerezo en las condiciones climáticas del sur de Chile.

Objetivo general

Determinar los efectos de distintas épocas y concentraciones de la aplicación en precosecha de ácido giberélico (GA₃) sobre la maduración y calidad de los frutos de cerezo.

Objetivos específicos

Determinar concentraciones de ácido giberélico efectivas para retrasar la maduración y mejorar la calidad de los frutos.

Evaluar los efectos del ácido giberélico sobre la calidad de los frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado.

Evaluar los efectos del ácido giberélico sobre la diferenciación floral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio y material vegetal

Los ensayos se realizaron en 2 huertos comerciales de cerezo en las variedades Regina, Lapins y Sweetheart[®], en Angol, región de la Araucanía, Chile. En el huerto de Agrícola Valle Verde Ltda. (37°48'40"S; 73°37'34"O) se utilizaron las variedades Sweetheart[®] y Lapins injertadas sobre el portainjerto Cab 6P, plantadas el 2002 a una distancia de 4,5x3 m. En el huerto La Isla de Inversiones Agrícola Buenos Aires S.A. (37°47'49"S; 72°40'09"O) la variedad Regina, plantada el año 2007, injertada sobre el patrón Gisela[™] 6 y a distancia de 4x1,67 m. En todos los casos, los árboles estaban conducidos en eje.

Tratamientos y diseño experimental

Cuadro 1. Concentración y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) en cerezo.

Tratamiento	Concentración de GA ₃ en mg · L ⁻¹	Época de aplicación ¹		
		Fruto verde translúcido (vt)	Fruto amarillo pajizo (ap)	5 días desde amarillo pajizo (5d)
Control	0	-	-	-
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	10	-	x ¹	-
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	20	-	x	-
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	40	-	x	-
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	10 + 10	-	x	x
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	20 + 20	-	x	x
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	10 + 10	x	x	-
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	20 + 20	x	x	-

¹/ Indica la época de aplicación.

²/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ luego de 5 días después de amarillo pajizo, vt= aplicación de GA₃ en verde translúcido

Se realizaron ensayos independientes para cada una de las variedades, en cada uno se establecieron ocho tratamientos con distintas concentraciones, épocas y número de aplicaciones de ácido giberélico (GA₃, ProGibb[®] 40% SG, Valent BioSciences Chile S.A.) en precosecha según se describe en el Cuadro 1. Los tratamientos se establecieron en un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental un árbol.

El color verde translúcido de los frutos se determinó visualmente por una disminución del color verde de los frutos, alrededor de 5 días antes de la coloración amarillo pajizo, el cual se determinó visualmente por una coloración amarilla de los frutos (74 °Hue según Horvitz *et al.*, 2003).

Procedimiento

Se utilizaron 4 bloques uniformes, de 8 plantas cada uno a lo largo de la hilera de plantación. Los árboles fueron de tamaño, vigor y carga similares, además de presentar un buen estado fitosanitario. En cada árbol, se midió el perímetro del tronco aproximadamente 30 cm sobre la unión con el portainjerto, donde el diámetro del tronco fuera uniforme, para calcular el área de sección transversal (ASTT). Además, se eligió una rama, uniforme en cuanto a su carga, vigor y tamaño, ubicada entre 1,5 a 2 m de altura, a la cual se le midió su perímetro aproximadamente 10 cm desde la inserción con el eje, para calcular el área de sección transversal de rama (ASTR).

Cuando los frutos alcanzaron el estado de verde translúcido, se procedió a realizar las aplicaciones de GA₃ dirigido directamente hacia los frutos. El Cuadro 2 muestra las fechas de aplicación para cada variedad. Las aplicaciones se realizaron mediante un pitón utilizando una pulverizadora marca Agrinet[®] con capacidad de 100 L. El mojamiento equivalente por hectárea fue de 2.000 L., aproximadamente.

Cuadro 2. Fechas y épocas de aplicación de GA₃ de los tratamientos en las respectivas variedades de cerezo.

Variedad	Verde translúcido	Amarillo pajizo	5 días después desde amarillo pajizo
Sweetheart [®]	25/11/2010	+6	+7
Lapins	24/11/2010	+2	+6
Regina	25/11/2010	+8	+5

La variedad Sweetheart[®] contaba con cubiertas anti-lluvia, las cuales fueron extendidas el 7 de diciembre, 31 días antes de su cosecha.

La madurez de cosecha de los frutos se determinó visualmente, según el color de la epidermis descrita en el Cuadro 3. Se realizaron 3 cosechas parciales en `Lapins´ y una total en la variedad Sweetheart[®].

Cuadro 3. Índice de madurez de cosecha para cada variedad de cerezo.

Variedad	Índice de color ¹	Color ²
Sweetheart [®]	6	Caoba oscuro
Lapins	5	Caoba a caoba oscuro

¹/ Según *Code Couleur Cerise, Centre Technique Interprofessionnel des Fruit et Legumes (CTIFL)* (Long et al., 2008).

²/ Según comparación con Tabla de Color y Calibre de Cerezas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Evaluaciones

Se evaluó el rendimiento de fruta por árbol, la madurez y la calidad de la fruta, en una muestra proveniente de las cosechas parciales de cada árbol, y en la totalidad de los frutos de cada rama marcada por planta según se describe en el Apéndice, Cuadro 1 para la variedad Lapins y Cuadro 2 para la variedad Sweetheart[®].

Rama

La fruta de cada rama marcada se cosechó en una sola oportunidad. En el caso de la variedad Lapins, la cosecha se realizó al momento que el control alcanzó su madurez comercial en un 25% de su fruta, aproximadamente. En la variedad Sweetheart[®] cuando el control alcanzó su madurez comercial en el 90% de su fruta, aproximadamente.

Color: Los frutos se separaron en distintas categorías de color de cubrimiento (rojo claro, rojo, rojo caoba, caoba oscuro y negro), de acuerdo a la Tabla de cerezas de Zoffoli (2010). Aquellos frutos cuyo color de cubrimiento no alcanzaba el 100%, al momento de la cosecha, fueron categorizados como “falta de cubrimiento”.

Índice de color (IC): se realizó una ponderación para cada categoría de color utilizando la siguiente fórmula:

$$IC: \frac{(N^{\circ} \text{ rojo} \cdot 1) + (N^{\circ} \text{ rojo caoba} \cdot 2) + (N^{\circ} \text{ caoba oscuro} \cdot 3) + (N^{\circ} \text{ negro} \cdot 4)}{(N^{\circ} \text{ total de frutos})}$$

Donde el valor entregado indica el color promedio de los frutos:

0: Ausencia de color apto para cosecha.

- 1: Rojo.
- 2: Rojo caoba.
- 3: Caoba oscuro.
- 4: Negro.

Distribución de tamaños: Los frutos, dentro de cada categoría de color, se separaron en tres categorías de tamaño según su diámetro ecuatorial, utilizando un calibrador de alvéolos: menor a 22 mm, desde 22 mm hasta 26 mm y mayor a 26 mm.

Se seleccionaron de 5 a 10 frutos con pedúnculo de cada categoría de color, con un diámetro ecuatorial mayor a 26 mm, para realizar las siguientes evaluaciones:

Masa de frutos: La masa individual de cada fruto con pedúnculo en una balanza digital. Los valores se expresaron en gramos.

Firmeza: Se evaluó la firmeza de la pulpa de manera no destructiva mediante la resistencia a la deformación medida como gramos por milímetro (g·mm) utilizando un medidor Firmtech2 (BioWorks, Kansas, U.S.A.).

Concentración de sólidos solubles: Se determinó mediante un refractómetro digital termo-compensado marca Atago modelo ATC-1e. Los resultados fueron expresados en porcentaje de sólidos solubles (%SS).

Características del pedúnculo: Se midió la longitud y diámetro en la parte central con un pie de metro digital (0-150 mm).

Árbol

La variedad Lapins se cosechó el 16, 23 y 29 de diciembre de 2010. En la variedad Sweetheart[®] el día 3 de enero de 2011.

Eficiencia productiva: Luego de realizar cada cosecha se pesaron los frutos para determinar los kilogramos por árbol. La eficiencia productiva se expresó como $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ASTT.

Defectos de la fruta: Se realizó en una muestra de 50 frutos por árbol escogidos al azar, contabilizándose visualmente aquellos con partidura, “russet”, “pitting”, pudrición, daños en el pedúnculo y machucones. Los resultados se expresaron como porcentaje de frutos dañados. En el caso de la variedad Lapins los frutos provenientes de la segunda cosecha.

Firmeza: En cada cosecha se evaluaron 30 frutos, sin defectos y de diámetro ecuatorial superior a 26 mm. Se utilizó un equipo Durofel DFT 100 (Agro-Technologie, Francia), en escala de 1 a 100, donde 0 indica ausencia de resistencia y 100 sin deformación.

Partidura inducida de frutos: Se utilizaron 50 frutos por árbol, sin defectos y de diámetro ecuatorial superior a 26 mm, para determinar la partidura basándose en el método de Christensen (1996). Este consiste en la inmersión de frutos en 2 L de agua destilada a temperatura constante, para determinar el número de frutos con partidura luego de 2, 4 y 6 horas. Los valores fueron expresados como porcentaje de frutos con partidura (FP) e índice de partidura inducida. Sólo en la variedad Sweetheart® se determinó el lugar del fruto donde se produjo el daño.

$$\text{Índice de partidura: } \frac{(\text{N}^\circ \text{ FP en hora } 2 \cdot 5) + (\text{N}^\circ \text{ FP en hora } 4 \cdot 3) + (\text{N}^\circ \text{ FP en hora } 6 \cdot 1)}{150}$$

Acidez titulable: Se utilizó una muestra de 30 frutos por árbol sin defectos y de diámetro ecuatorial superior a 26 mm, de los cuales se extrajo el jugo mediante maceración y posterior filtrado. La acidez titulable se obtuvo mediante la titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos a pH 8,2-8,3. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico.

Distribución de tamaños: 50 frutos de cada repartición, se separaron en 5 categorías de tamaño según su diámetro ecuatorial, utilizando un calibrador de alvéolos.

Color, tamaño, masa individual de frutos, contenido de sólidos solubles e índice de color: Se analizaron 30 frutos de cada árbol, sin defectos y de diámetro ecuatorial superior a 26 mm utilizando la metodología descrita para los frutos de la rama.

Análisis de calcio en frutos: se seleccionaron 40 frutos por tratamiento, sin defectos y de diámetro ecuatorial superior a 26 mm para determinar el contenido de calcio. Sólo muestra compuesta por tratamiento por el elevado costo del análisis.

Calidad post-almacenamiento refrigerado

Se almacenó una muestra de 1 caja de 5 kg de frutos con características comerciales (calibre mayor a 26 milímetros de diámetro ecuatorial, que no presentaba daños visuales y tuviese coloración comercial) manteniéndose en almacenamiento refrigerado durante 30 días a 0°C. Posteriormente al proceso se realizaron las siguientes evaluaciones: distribución de tamaños, masa individual, firmeza, índice de color, sólidos solubles y presencia de defectos visuales, de forma similar a la metodología que se utilizó para evaluar la fruta en cosecha. En el caso de la variedad Lapins, se almacenó una caja de 5 kg por tratamiento; para el caso de la variedad Sweetheart[®] se almacenó una caja por repetición.

Seguimiento de diferenciación floral

Diferenciación floral: Se realizó un seguimiento del desarrollo de las yemas basales de los brotes de la temporada para determinar su evolución morfoanatómica de acuerdo a la metodología propuesta por Engin y Ünal (2007), separándose en 6 estados (Apéndice, Figura 1). Se realizaron 3 evaluaciones (30 de diciembre de 2010, 14 de enero y 26 de abril de 2011) colectándose 5 yemas por árbol en cada oportunidad, las que se disectaron y observaron con un microscopio binocular marca Quimis[®] modelo Q-106Z2T. Además se registró fotográficamente cada etapa de la evolución de las yemas con un estereoscopio trinocular marca Olympus[®] modelo CX21. En la variedad Regina sólo se realizaron las mediciones de seguimiento de la diferenciación floral, generado por cosecha de la fruta involuntaria por terceros.

Los estados de desarrollo de la yema floral se describen a continuación:

D0: Yema vegetativa.

D1: Se observa el meristemo redondeado y la formación primaria de las brácteas.

D2: Se distingue los primordios foliares de forma redondeada y alargada, además se observan las brácteas.

D3: Se siguen distinguiendo los primordios foliares pero se suman los primordios de sépalos ordenados en espiral.

D4: Se están diferenciando los primordios de los pétalos.

D5: Todos los órganos florales diferenciados, incluyendo sépalos, pétalos, estambres y el pistilo. Los pétalos no pueden ser vistos y los estambres y el pistilo están completamente cubiertos por los sépalos.

Índice de diferenciación floral (IDF): se realizó una ponderación de diferenciación, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{IDF} = \frac{(\text{N}^\circ \text{D0} \cdot 0) + (\text{N}^\circ \text{D1} \cdot 1) + (\text{N}^\circ \text{D2} \cdot 2) + (\text{N}^\circ \text{D3} \cdot 3) + (\text{N}^\circ \text{D4} \cdot 4) + (\text{N}^\circ \text{D5} \cdot 5)}{(\text{N}^\circ \text{ total de yemas evaluadas})}$$

Retorno floral: El 26 de abril de 2011, en cada repetición se contabilizó, en forma visual, el número de yemas florales y vegetativas en 3 ramillas de la temporada, de similar inclinación y longitud. El resultado se expresó como número de yemas reproductivas por número yemas vegetativas y número de yemas reproductivas por número yemas totales. Además se registró la longitud y se determinó el número de yemas reproductivas por cm longitudinal de ramilla y número de yemas totales por cm longitudinal de ramilla.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y al existir diferencias entre los tratamientos ($p \leq 0,05$) se compararon con la prueba de Tukey con un 5% de significancia. Además, se realizó una prueba de contraste para las evaluaciones de partidura inducida. Las evaluaciones que se midieron en porcentaje se sometieron a la transformación angular o de Bliss, antes de ser analizados (Steel y Torrie, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1: Variedad Lapins

Desarrollo de frutos

En el Cuadro 4 se presenta la distribución porcentual de las distintas categorías de color de frutos, evaluado en cada tratamiento con fines comparativos. Los tratamientos fueron cosechados cuando el tratamiento control tenía aproximadamente un 25% de frutos con coloración entre “rojo caoba” y “caoba oscura”. Los tratamientos con GA₃ presentaron más de un 65% de sus frutos categorizados como “falta de cubrimiento”. En la misma categoría, el control presentó un 32,2%, siendo posible detectar diferencias significativas con los tratamientos de GA_{ap} 20 mg·L⁻¹, GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L⁻¹, GA_{vt} 10 mg·L⁻¹ + GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ y GA_{vt} 20 mg·L⁻¹ + GA_{ap} 20 mg·L⁻¹, estos últimos superaron el 87% en la categoría indicada (Cuadro 4). El mayor porcentaje de frutos categorizados como “falta de cubrimiento” en los árboles tratados con GA₃, puede asociarse a un retraso en su maduración. El cambio de color del fruto desde amarillo pajizo a caoba oscuro, durante la maduración, está influenciado por el incremento del contenido total de antocianos (Mozetič *et al.*, 2004; Remon *et al.*, 2006). Este incremento de los antocianos fue observado sin una tendencia de estabilización en la etapa final de maduración en la variedad Petrovka (Mozetič *et al.*, 2004). Se ha estudiado que aplicaciones de GA₃ inhibe la producción de antocianos en distintas variedades (Proebsting *et al.*, 1973; Andrews y Li, 1995; Kondo y Hayata, 2000; Kondo y Danjo, 2001; Cline y Trought, 2007), viéndose reflejado en una menor coloración de los frutos al ser comparados con aquellos sin aplicación, según Proebsting *et al.* (1973), estudiando la variedad Bing. Algunos ensayos en la variedad Satohnishiki demostraron que GA₃ disminuye la producción de ácido abscísico (ABA) en el fruto (Kondo y Danjo, 2001), fitohormona relacionada con la acumulación de antocianos en la epidermis de los frutos (Kondo y Gemma, 1993; Kondo y Danjo, 2001; Ren *et al.*, 2010). Así, aplicaciones de ABA a los frutos indujeron una mayor cantidad de antocianos en ellos al momento de cosecha (Kondo y Gemma, 1993; Kondo y Tomiyama, 1998).

En los tratamientos con GA₃ se pudo apreciar una menor proporción de frutos en la categoría “rojo” y “rojo caoba”, donde el control obtuvo 42,6% y 22,3% respectivamente. El índice de color no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

No fue posible detectar el efecto del GA₃, dado por la alta variabilidad de los resultados (Cuadro 4). Dado que los tratamientos de GA₃ presentaron un mayor porcentaje de frutos

“faltos de cubrimiento”, una menor proporción se distribuyó en las distintas categorías coloreadas, siendo esto indicador del retraso de la coloración de sus frutos.

Cuadro 4. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la distribución porcentual de la coloración de los frutos e índice de color de la rama en la variedad de cerezo Lapins.

Tratamiento	Distribución porcentual de color				Índice de color (0-4)
	Falto cubrimiento	Rojo	Rojo caoba	Caoba oscuro	
Control	32,2 b ¹	42,6 ns ²	22,3 ns	2,9 ns	1,55 ns
GA_{ap}^3 10 mg·L ⁻¹	65,9 ab	23,9	10,2	0,0	1,23
GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹	87,2 a	1,9	9,5	1,4	0,98
GA_{ap} 40 mg·L ⁻¹	76,8 ab	19,3	2,3	1,6	0,93
GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L ⁻¹	80,7 ab	14,3	4,2	0,8	1,65
GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L ⁻¹	89,8 a	6,7	2,8	0,7	1,50
GA_{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹	92,2 a	1,9	5,9	0,0	1,34
GA_{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹	91,5 a	6,1	1,7	0,7	1,21
Significancia	0,022	0,580	0,181	0,432	0,740

1/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

2/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

3/ ap = aplicación de GA_3 en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA_3 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA_3 en verde translúcido.

En cuanto a la distribución de tamaños evaluados en una rama del árbol, no se encontraron diferencias significativas. La mayor proporción de frutos entre todos los tratamientos fue la categoría de 22 a 26 mm, con alrededor de un 50% (Figura 1). La segunda mayor proporción, fueron los frutos con diámetro ecuatorial sobre 26 mm, mientras que una fracción menor al 20% estuvo bajo 22 mm.

Al analizar los pedúnculos de los frutos de color rojo y rojo caoba, no se observó un efecto de la aplicación de GA_3 , sin detectar diferencias significativas en cuanto al largo y ancho de pedúnculo (Cuadro 5). Una investigación realizada por Yildirim y Koyuncu (2010) demostraron que las aplicaciones de GA_3 no incrementan el largo de los pedúnculos en la variedad 0900 Ziraat, además, los mismos autores comentaron que los pedúnculos largos son deseables para extender la apariencia óptima luego de cosecha.

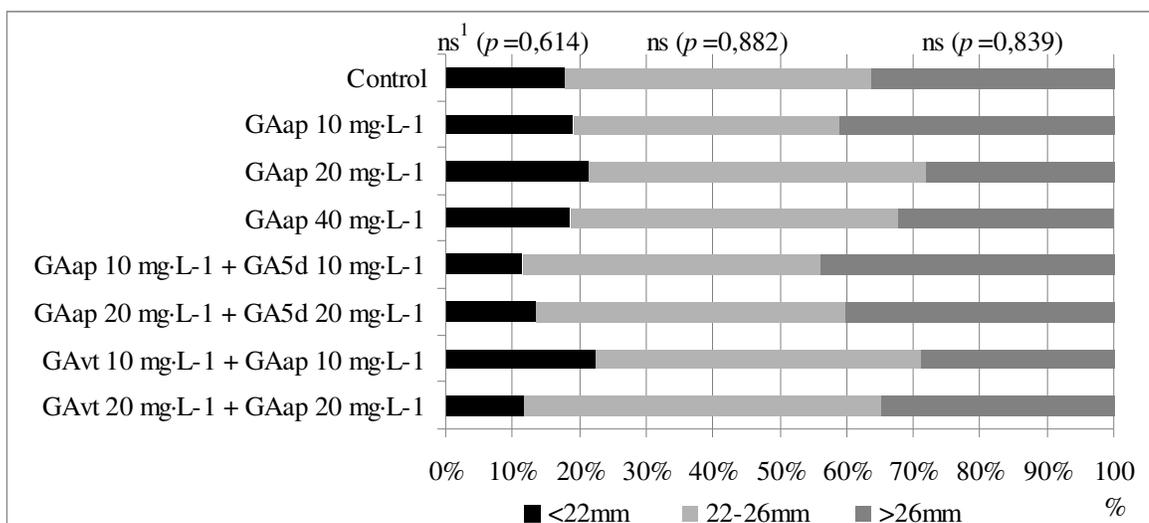


Figura 1. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la distribución porcentual de tamaños de frutos en una rama en la variedad de cerezo Lapins. La cosecha se realizó cuando los frutos de la rama del tratamiento control tenían aproximadamente un 25% de frutos con coloración comercial.
 1/ ns = diferencias no significativas en sentido vertical, $p = 0,05$.

En cuanto a la firmeza de los frutos, se observó que los tratamientos con GA_3 obtuvieron un valor mayor al control (mayor a 338 g·mm), a excepción del tratamiento $GA_{vt} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Sin embargo, no fue posible detectar diferencias (Cuadro 5).

La masa de los frutos fluctuó entre 9,2 a 10,9 g, en donde los tratamientos de doble aplicación se apreciaron los mayores valores, salvo $GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{5d} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ que fue el tratamiento de menor valor. No fue posible detectar diferencias entre los tratamientos en la evaluación de masa de frutos (Cuadro 5). La concentración de sólidos solubles fue menor en los tratamientos $GA_{ap} 40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $GA_{vt} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, el tratamiento de mayor valor fue $GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ obteniendo 16,9 °Brix, mientras tanto que el tratamiento control obtuvo un 14,3 °Brix. No se observaron diferencias estadísticas en la concentración de sólidos solubles.

Cuadro 5. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el largo y ancho de pedúnculo y firmeza, masa y concentración de sólidos solubles en frutos color rojo y rojo caoba de la rama en la variedad de cerezo Lapins.

Tratamiento	Largo pedúnculo (mm)	Ancho pedúnculo (mm)	Firmeza (g·mm)	Masa (g)	Sólidos solubles (°Brix)
Control	34,4 ns ¹	1,19 ns	338,3 ns	9,9 ns	14,3 ns
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	30,6	1,30	346,6	9,8	16,3
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	31,2	1,15	356,8	10,1	16,9
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	36,0	1,10	344,0	9,9	14,1
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	36,2	1,23	388,5	10,4	16,8
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	32,5	1,14	374,5	9,2	16,2
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	32,3	1,26	383,2	10,6	16,1
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	32,6	1,08	324,7	10,9	12,5
Significancia	0,507	0,427	0,293	0,483	0,067

¹/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

²/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Cosechas parcializadas del árbol

Mediante la masa colectada en cada una de las cosechas parciales, según la madurez de los frutos (índice de cosecha de rojo caoba a caoba oscuro), se evaluó el retraso en la maduración. Alrededor de un 25% de los frutos fueron colectados en la primera cosecha para los tratamientos donde se aplicó GA₃, en el caso del control aproximadamente el 65% de la masa total (Figura 2). Todos los tratamientos con GA₃ presentaron diferencias estadísticamente significativas en la primera cosecha con el control, a excepción del tratamiento de 10 mg·L⁻¹ GA₃ en amarillo pajizo y 5 días después, que fue similar a todos. Todo lo anterior demuestra el retraso en la maduración de los frutos tratados con GA₃.

En la segunda cosecha existió una tendencia, al retraso en la madurez de todos los tratamientos que se aplicó GA₃ presentaron una mayor masa recolectada, salvo el tratamientos de 40 mg·L⁻¹ GA₃, el cual se diferenció estadísticamente de los todos los tratamientos, y GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L⁻¹, que fue estadísticamente similar a todos (Figura 2).

En la última cosecha se extrajo toda la fruta restante, donde todos los tratamientos donde se aplicó GA₃ se apreció una mayor cantidad de frutos cosechados, sin embargo solo los tratamientos GA_{ap} 40 mg·L⁻¹ y GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L⁻¹ se diferenciaron

significativas del control. En los primeros se cosechó alrededor de un 60%, en cambio en el control solo un 18% de sus frutos (Figura 2).

La sumatoria de porcentajes de fruta cosechada para la segunda y tercera cosecha en los tratamientos con GA₃, fluctuó entre un 68 a 80% (Figura 2). En el control alcanzó un 35%. Ello indica el retraso de la maduración de los frutos y su respectiva cosecha.

Uno de los problemas en la producción de cerezas, ha sido el exceso de fruta cosechada en un corto período de tiempo (Zilkah *et al.*, 2008), por lo cual la manipulación de la maduración (adelanto o retraso de cosecha) y el almacenamiento en frío permiten la comercialización en periodos de menor oferta. En la variedad Lapins se demostró que GA₃ alteró la madurez de los frutos, provocando que una mayor proporción de estos se pudieran colectar en la segunda y tercera cosecha, prolongando en alrededor de una semana la cosecha, similar a los resultados de Choi *et al.* (2002, 2004), Horvitz *et al.* (2003), Unesik *et al.* (2005), Cline y Trought (2007), Yildirim y Koyuncu (2010). En cerezo, Facticeau *et al.* (1985a) indicaron que el retraso en la coloración y la respectiva cosecha en las variedades Bing y Lambert, fue en función a la concentración de GA₃ aplicada, donde utilizaron concentraciones de 0; 2,7; 10; 20; 50; 100 y 150 mg·L⁻¹ de GA₃. Al observar la Figura 2, el tratamiento de mayor concentración (GA_{ap} 40 mg·L⁻¹) tuvo una mayor cantidad de fruta cosechada en la última pasada, concordando con la afirmado por Facticeau *et al.* (1985a).

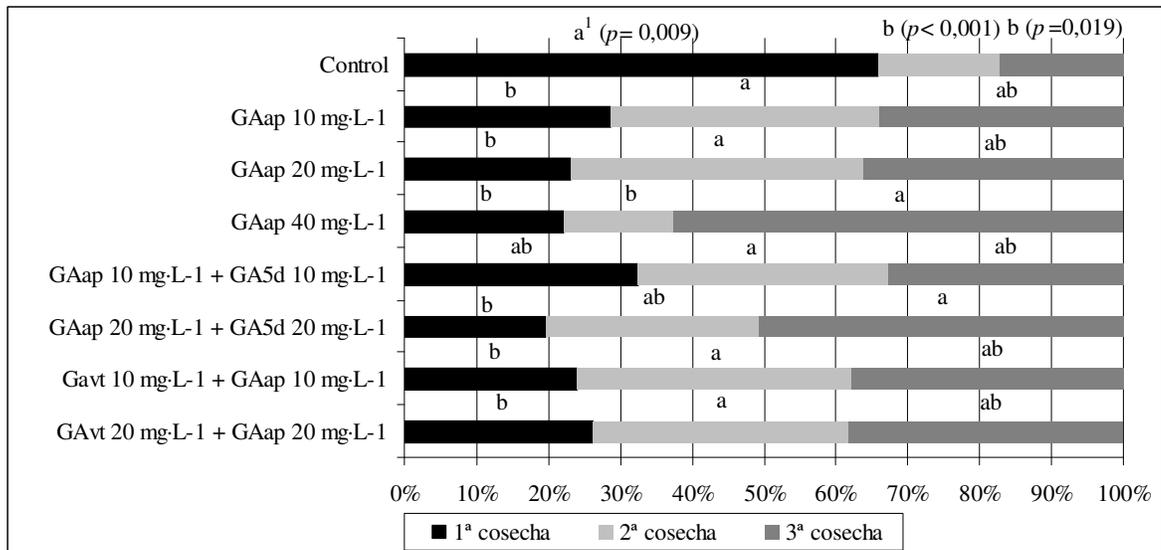


Figura 2. Distribución porcentual de masa de frutos cosechados en cada época en cerezos de la variedad Lapins. Las cosechas se realizaron el 16, 23 y 29 de diciembre del año 2010.

1/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

Partidura inducida

Luego de 2 horas de iniciada la inducción de partidura por inmersión, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un promedio de 5% de frutos con partidura (Figura 3). Esto podría indicar que para este período de tiempo, no se provocan partiduras en un gran porcentaje en los frutos.

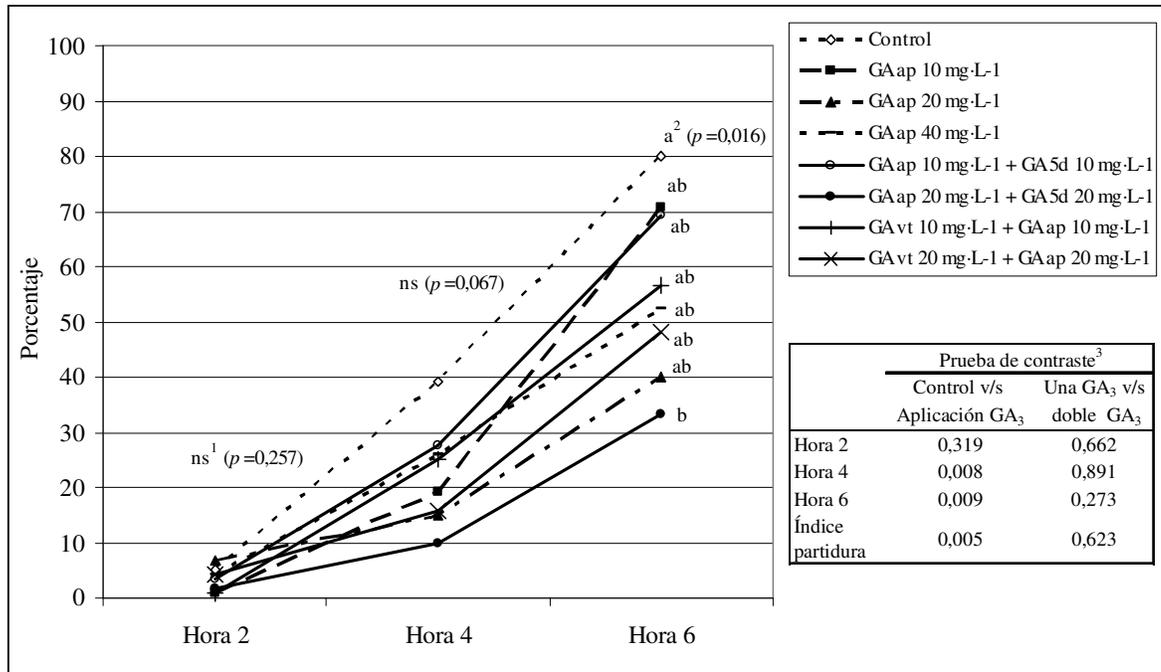


Figura 3. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la partidura inducida de frutos de cerezo en la variedad Lapins.

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ Análisis de contrastes en las que se muestra p -value de la prueba.

Luego de 4 horas de inmersión, se observó que los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron un menor porcentaje de partidura, bajo el 30. Sin embargo, Los tratamientos de GA₃ fueron similares estadísticamente al control (Figura 3). Mediante la prueba de contrastes, se detectaron diferencias estadísticamente significativas para la hora 4 al comparar la aplicación de GA₃ y el control, indicando que la aplicación de GA₃ produce la disminución de la incidencia de frutos partidos.

En el porcentaje final de partidura luego de 6 horas de inmersión, se observó una tendencia a que los tratamientos con GA₃ presentaron una menor proporción de frutos con partidura

(Figura 3). El tratamiento de $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA₃ en amarillo pajizo y 5 días después fue el único que logró diferencias significativas respecto al control, disminuyendo en un 46%. Al igual que en la hora 4, fue posible detectar diferencia entre la aplicación de GA₃ y el control mediante la prueba de contrastes. Todo lo anterior demuestra tendencia a la disminución en la susceptibilidad hacia la partidura de los frutos tratados con GA₃.

No se detectaron diferencias mediante la prueba de contrastes entre una o dos aplicaciones, en ningún momento de evaluación, pero si se encontraron diferencias significativas entre el control y la aplicación de GA₃ (Figura 3).

Todos los tratamientos con aplicación de GA₃ se observó, un menor valor de índice de partidura que el control, dado que obtuvieron menores porcentajes de incidencia. Sin embargo, sólo GA_{ap} $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ + GA_{5d} $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ se diferenció significativamente del control, los restantes tratamientos fueron similares (Figura 4). El ingreso de agua en frutos tratados con GA₃ es inversamente proporcional al índice de partidura según lo indicado por Unesik *et al.* (2005) en la variedad Lapins. Además las variedades más susceptibles a la partidura tienen una menor capacidad de ingreso de agua al fruto (Lane *et al.*, 2000). Frutos tratados con GA₃ tienen mayor ingreso de agua y menor partidura, indicando mayor elasticidad de la epidermis (Unesik *et al.*, 2005; Sekse *et al.*, 2005), siendo la posible causa de la menor partidura.

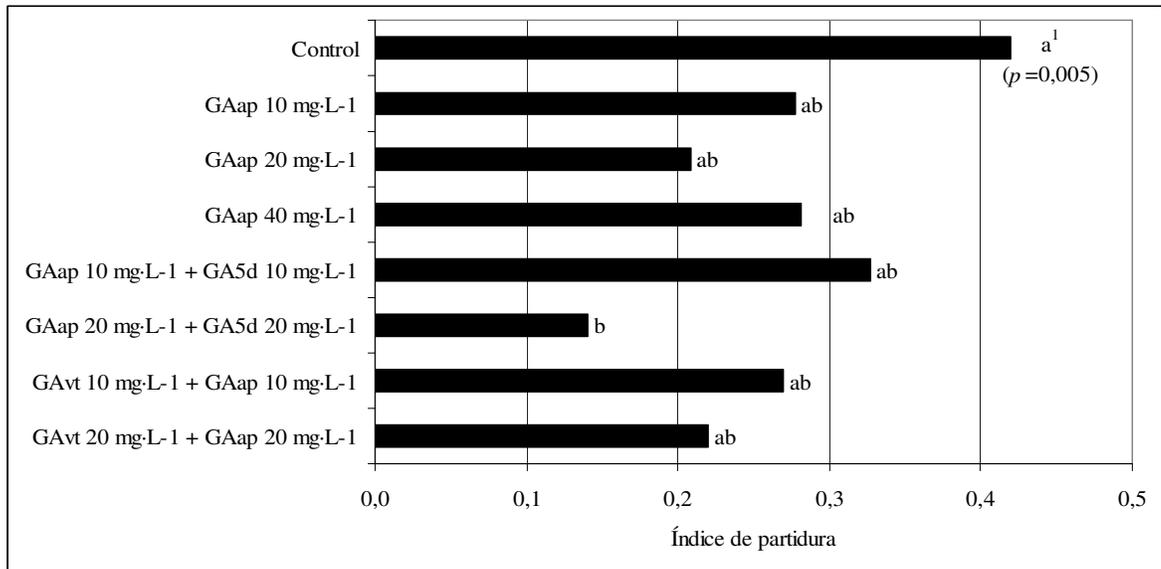


Figura 4. Índice de partidura inducida en la variedad de cerezo Lapins.

¹/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

La partidura de cerezas, inducida por lluvia, ha sido el mayor problema de muchas regiones del mundo según lo descrito por diversos autores (Sekse, 1995a; Sekse, 1995b, Demirsoy y Bilgener, 1998; Sekse, 1998; Moing *et al.*, 2004, Sekse *et al.*, 2005; Unesik *et al.*, 2005; Cline y Trought, 2007; Sekse, 2008). La partidura está asociada con la condición de la superficie del fruto húmeda previo o durante la cosecha (Sekse, 2008), lo cual incrementa el turgor en el interior del fruto causado por el ingreso de agua a través de la epidermis (Sekse, 1995a, Sekse *et al.*, 2005; Unesik *et al.*, 2005; Cline y Trought, 2007; Sekse, 2008). La mayoría de las variedades incrementan su susceptibilidad a la partidura a medida que avanza la madurez de los frutos (Christensen, 1996; Simon, 2006). El incremento de los sólidos solubles, en el fruto durante la maduración, crea una mayor presión osmótica (Sekse *et al.*, 2005) lo cual genera el movimiento del agua a través de la epidermis hacia el interior del fruto (Sekse, 1998) provocándose finalmente la partidura. La aplicación de GA₃ ha sido evaluada en muchas regiones productoras de cerezo para reducir el riesgo de pérdidas dado que se sostiene que favorece frutos más resistentes a la partidura (Cline y Trought, 2007). Las evidencias que GA₃ reduce la partidura inducida por lluvia ha sido contradictoria (Cline y Trought, 2007) e incluso existen diversos estudios, a nivel mundial, donde la aplicación incrementa la partidura (Proebsting *et al.*, 1973; Cline y Trought, 2007; Kappel y MacDonald, 2007).

La partidura de frutos está afectada por diversos factores preponderantes como el genotipo (Greco *et al.*, 2008), el medio ambiente (Cline y Trought, 2007; Greco *et al.*, 2008), la distribución de lluvia en madurez, además el tipo de suelo y humedad de éste en el huerto (Simon, 2006). Entre las variedades de maduración tardía se encuentran Lapins (Lane y Schmid, 1984; Christensen, 1995) y Sweetheart[®] (Lane y MacDonald, 1996). En este sentido, Roser (1996) indicó que las variedades tardías tienen mayor incidencia de partidura. Sin embargo, Simon (2006) indicó que las variedades de maduración tardía son menos susceptibles a la partidura, probablemente por presentar una mayor firmeza. El menor porcentaje de frutos partidos y el menor índice de partidura inducida en los frutos de los tratamientos con GA₃ en la variedad Lapins demostraría, la tendencia que la aplicación de GA₃ disminuyen su incidencia. Algunas investigaciones obtuvieron resultados similares como las realizadas por Podestá *et al.* (2001), Unesik *et al.* (2005) y Yildirim y Koyuncu (2010) en las variedades Bing, Lapins y 0900 Ziraat, respectivamente.

Eficiencia productiva y calidad de fruta

Los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron una eficiencia productiva superior a 119 g·cm⁻² ASTT, salvo el tratamiento GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L⁻¹, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 6). Algunos investigadores han evaluado los efectos de la aplicación de GA₃ sobre la productividad de los huertos de distintas formas, en el caso de Kappel y MacDonald (2002, 2007) no encontraron diferencias con el control en la masa total de fruta en la variedad Sweetheart[®] al ser medido como kg/árbol. En cambio Zilkah *et al.* (2008) estudiando la variedad Bing,

encontraron un alza en la productividad al aplicar GA₃, siendo expresado de forma similar a los autores antes nombrados.

Cuadro 6. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre eficiencia productiva del árbol y los parámetros de firmeza, diámetro ecuatorial y masa de frutos con características comerciales en la variedad de cerezo Lapins.

Tratamiento	Eficiencia productiva (g·cm ⁻² ASTT)	Firmeza (0-100)	Diámetro ecuatorial (mm)	Masa (g)
Control	110,7 ns ¹	71,0 c ²	29,1 b	10,4 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	137,9	74,4 bc	30,0 ab	11,1
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	163,3	77,8 ab	30,7 a	11,9
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	144,0	79,8 a	30,8 a	11,9
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	111,0	78,8 ab	30,3 a	11,8
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	153,1	80,6 a	30,9 a	12,0
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	132,2	77,1 ab	30,4 a	11,6
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	119,2	80,5 a	30,8 a	12,1
Significancia	0,126	<0,001	0,044	0,090

^{1/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{2/} Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

^{3/} ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

En cuanto a la evaluación de firmeza de los frutos, fue mayor en todos los tratamientos con aplicación de GA₃, salvo el tratamiento de 10 mg·L⁻¹ en amarillo pajizo que fue similar al control y todos los tratamientos (Cuadro 6). Los frutos tratados con GA₃ se califican de mejor calidad que aquellos sin tratamiento por presentar una mayor firmeza (Clayton *et al.*, 2006), además los consumidores prefieren frutos más firmes (Kappel y MacDonald, 2007), siendo este criterio importante para la comercialización (Kappel y MacDonald, 2002). El análisis de frutos tratados con GA₃, demostraron que fueron más firmes que los frutos del control, similar a lo demostrado por Proebsting *et al.* (1973), Looney y Lidster (1980), Facteau (1982a), Facteau *et al.* (1985a,b), Podestá *et al.* (2001), Choi *et al.* (2002, 2004), Kappel y MacDonald (2002, 2007), Clayton *et al.* (2003), Horvitz *et al.* (2003), Unesik *et al.* (2005), Özkaya *et al.* (2006), Cline y Trought (2007), Zilkah *et al.* (2008), Gholami *et al.* (2010) y, Yildirim y Koyuncu (2010) en investigaciones realizadas en distintas variedades.

Durante la fase III de crecimiento, la cereza alcanza su máximo tamaño y posteriormente se ablanda (Choi *et al.*, 2002, 2004), siendo este proceso de los frutos consecuencia de

procesos bioquímicos de la célula donde influyen los componentes químicos (Unesik *et al.*, 2005) y la estructura de la pared celular (Choi *et al.*, 2002, 2004; Unesik *et al.*, 2005). La tasa de ablandamiento es característica de cada variedad y la disminución de la firmeza es el reflejo de la elongación celular durante el crecimiento del fruto (Muskovics *et al.*, 2006). Antes de disminuir la firmeza, el nivel de ABA en la pulpa llega a su máximo (Kondo y Tomiyama, 1998; Setha *et al.*, 2005; Ren *et al.*, 2010), asumiendo que esta fitohormona se relaciona con el ablandamiento (Kondo y Tomiyama, 1998) y, en general, con la maduración de los frutos (Kondo y Inoue, 1997; Setha *et al.*, 2005; Ren *et al.*, 2010; Ren *et al.*, 2011). La aplicación de GA₃ retrasa el ablandamiento (Kondo y Hayata 2000; Kondo y Danjo 2001; Choi *et al.*, 2002, 2004) según se ha probado en distintas variedades. Kondo y Danjo (2001) concluyen que los tratamientos con GA₃ retrasan la maduración de los frutos al bloquear el inicio de la actividad del ABA. Las enzimas relacionadas con hidrólisis de la pared celular y que provocan el ablandamiento de los frutos son afectadas por la aplicación de GA₃, manteniendo la firmeza al regular la actividad de tales enzimas (Andrews y Li, 1995; Horvitz *et al.*, 2003), dado principalmente por un retraso en su inicio (Choi *et al.*, 2002, 2004). Además los mismos autores mencionan que los frutos tratados con GA₃ tienen durante la maduración una menor actividad de la enzima poligalacturonasa (PG), lo cual provoca un período de crecimiento más largo y mayor firmeza. Cabe destacar, que los genotipos catalogados con frutos blandos tienen mayor actividad de PG (Choi *et al.*, 2002, 2004).

Los tratamientos con aplicaciones de GA₃ presentaron un diámetro ecuatorial de frutos superior a 30 mm, observándose diferencias estadísticamente significativas con el control, exceptuando al tratamiento GA_{ap}10 mg·L⁻¹, demostrando que la aplicación de GA₃ aumenta el tamaño de los frutos (Cuadro 6). El tamaño del fruto es uno de los parámetros importantes de calidad (Horvitz *et al.*, 2003), siendo un factor principal que determina el precio (Zhang y Whiting, 2011). El aumento en el tamaño ha sido demostrado por Proebsting *et al.* (1973), Facteau y Rowe (1979), Podestá *et al.* (2001), Choi *et al.* (2002, 2004), Kappel y MacDonald (2002), Horvitz *et al.* (2003), Unesik *et al.* (2005) y Zilkah *et al.* (2008), en distintas condiciones agroclimatológicas y variedades a nivel mundial. El uso del GA₃ incrementa la elongación celular (Yildirim y Koyuncu, 2010; Zhang y Whiting, 2010) y extiende la duración de la etapa de alta tasa de crecimiento (Zhang y Whiting, 2011). El retraso en la maduración y cosecha por la aplicación de GA₃ ayudaría a aumentar el tamaño de los frutos en la variedad Bing (Yildirim y Koyuncu, 2010). El efecto del GA₃ en el incremento del tamaño del fruto depende de la etapa ontogénica en la cual se use, por eso su mayor efecto se observa al inicio de la etapa III de crecimiento del fruto (Zhang y Whiting, 2011).

Los frutos tratados con GA₃ presentaron, en promedio, una masa superior entre 11,1 a 12,1 g, siendo estos mayores al control, sin detectar diferencias significativas entre los tratamientos, similar a lo ocurrido en investigaciones realizadas por Horvitz *et al.* (2003) en la variedad Sweetheart[®] y, Kondo y Hayata (2000) en la variedad Satohnishiki. Looney (1996) indicó que el 25% de la masa del fruto se obtiene durante la semana previa a la

cosecha, pudiendo ser el retraso en la cosecha el responsable de incremento del tamaño, masa y firmeza, según Horvitz *et al.* (2003) investigando la variedad Sweetheart®.

Cuadro 7. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los parámetros de concentración de sólidos solubles, índice de color y acidez titulable en frutos con características comerciales en el cerezo de la variedad Lapins.

Tratamiento	Sólidos solubles (°Brix)	Índice de color	Acidez titulable
Control	17,3 ns ¹	2,7 a ²	0,46 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	16,2	2,0 b	0,46
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	16,6	2,2 b	0,46
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	16,4	2,0 b	0,44
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	16,8	2,1 b	0,46
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	16,6	2,0 b	0,44
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	15,8	2,1 b	0,44
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	17,0	2,0 b	0,45
Significancia	0,331	0,031	0,874

1/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

En la concentración de sólidos solubles de los frutos no fue posible detectar diferencias (Cuadro 7). En investigaciones realizadas con GA₃ en distintas variedades de cerezo por Facticeau (1982a), Facticeau *et al.* (1985a,b), Kondo y Tomiyama (1998), Kondo y Danjo (2001), Özkaya *et al.* (2006), Koyuncu *et al.* (2008) y Gholami *et al.* (2010) se incrementó la concentración de sólidos solubles. Al retrasar la cosecha originaría un incremento de los sólidos solubles (Drake y Elfving, 2002), ya que los frutos tratados con GA₃ estuvieron más tiempo en el árbol y, esto sería la causa de un mayor valor (Podestá *et al.*, 2001). Contrario a esto, Cline y Trought (2007) indican que la aplicación de GA₃ no influye directamente en la acumulación de sólidos solubles. Un amplio grupo de investigaciones mundiales demuestran que no hay efecto detectable del GA₃ en la acumulación de sólidos solubles (Looney y Lidster 1980, Podestá *et al.* 2001, Choi *et al.* 2002, 2004, Kappel y MacDonald 2002, Clayton *et al.* 2003, Horvitz *et al.* 2003, Unesik *et al.* 2005, Cline y Trought 2007 y, Yildirim y Koyuncu, 2010). En la última semana de crecimiento del fruto, antes de la cosecha, el aumento de sólidos solubles es mínimo (Simčič *et al.*, 1998; Horvitz *et al.*, 2003), por lo cual un retraso en la cosecha no afectaría. La investigación realizada en la variedad Bing por Zilkah *et al.* (2008), encontraron menor contenido de sólidos solubles en los frutos tratados con GA₃ comparados con el control. Los sólidos solubles difieren

sustancialmente año a año (Proesbting y Mills, 1981), además varía entre huertos para la misma variedad (Crisosto *et al.*, 2002) y dependiendo de la carga de los árboles (Proesbting y Mills, 1981), por lo cual, la variación en la concentración de sólidos solubles es afectada por diversos factores.

Los tratamientos de GA₃ obtuvieron valores de índice de color similares entre ellos. Al compararlos con el control, todos presentaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 7). El control presentó el mayor valor, indicando una coloración más oscura, más cercana a caoba oscuro, en cambio los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron una coloración más clara. Este es otro antecedente que demuestra un claro retraso en la coloración producto de la aplicación de GA₃.

La acidez titulable no fue modificada por los tratamientos con GA₃, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 7). Unesik *et al.* (2005) en la variedad Lapins y Özkaya *et al.* (2006) en 'Bing' obtuvieron menores valores de acidez titulable en los frutos que fueron tratados con GA₃. Sin embargo, Proesting *et al.* (1973), Looney y Lidster (1980) y Clayton *et al.* (2003) no encontraron diferencias entre frutos con y sin tratamiento. Contrario a lo anterior, se ha demostrado que la acidez es mayor en los frutos con aplicación de GA₃ (Podestá *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2002, 2004; Kappel y MacDonald, 2002; Koyuncu *et al.*, 2008). Drake y Elfving (2002) indican que la acidez aumenta al retrasar la cosecha, pero contrario a eso, Gholami *et al.* (2010) indicaron que la aplicación de GA₃ no posee efecto significativo en la acidez en la variedad Mashhad. Dada la información, la variabilidad a la respuesta a GA₃ es alta, incluso puede no afectar la acidez de los frutos.

El porcentaje de frutos con partidura, al momento de la cosecha, fue similar en todos los tratamientos para cada uno de los tipos (Cuadro 8). Los tratamientos tuvieron porcentajes variables en la totalidad de partiduras, entre 12,5 a 23,5% de presencia, donde el control presentó un 22%. Se observó una mayor preponderancia por la partidura peduncular y sutural en los frutos.

Diversas investigaciones relacionan distintas variables del fruto con la susceptibilidad o resistencia a la partidura. En cuanto a la firmeza de los frutos y su relación con la susceptibilidad a la partidura, no ha sido consistente (Roser, 1996; Kappel *et al.*, 2000). Sin embargo, Yamaguchi *et al.* (2002) indicaron una relación inversa entre la partidura y la firmeza del fruto en diversas variedades.

Otra relación puede ser el contenido de sólidos solubles del fruto con la partidura, Sekse (1995a) indicó que existe una pobre relación. En cuanto al tamaño, Roser (1996) indicó que no existe relación con la partidura. Yamaguchi *et al.* (2002) comentaron que si existe una relación directa entre la partidura y la masa de los frutos. También se ha relacionado el

contenido de nutrientes, principalmente calcio, en el fruto con la partidura. La variedad Sue, clasificada como variedad resistente a la partidura tiene menos calcio que la variedad Van que es considerada como susceptible (Lane *et al.*, 2000). En general, las relaciones entre distintas variables con la partidura son inconsistentes, dado la variabilidad de los resultados.

En cuanto al “russet” en los frutos, los tratamientos presentaron valores entre 2 y 5,5% de incidencia, siendo todos iguales estadísticamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los distintos tipos de partidura y “russet” de frutos con madurez comercial en la variedad de cerezo Lapins.

Tratamiento	Porcentaje de partidura según lugar en el fruto ¹					“Russet”
	Estilar	Mejilla	Peduncular	Sutural	Total	
Control	2,5 ns ²	4,0 ns	7,0 ns	6,5 ns	22,0 ns	2,0 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	2,5	2,0	3,0	4,5	12,5	4,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	3,5	4,0	5,5	4,0	14,5	2,0
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	3,5	2,0	7,5	4,5	18,0	4,0
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	5,5	3,5	6,0	6,5	23,0	2,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	1,0	5,5	16,5	2,0	23,5	3,5
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	5,0	5,0	3,5	3,5	16,5	5,5
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	2,0	4,0	6,5	9,5	22,0	5,0
Significancia	0,632	0,811	0,426	0,957	0,949	0,927

^{1/} Cada fruto pudo presentar más de un tipo de partidura.

^{2/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{3/} ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Al evaluar otros defectos en los frutos, destacó la ausencia casi total de “pitting” a cosecha (Apéndice, Cuadro 3). Se apreció que los machucones en los frutos tuvieron porcentajes menores de incidencia en los tratamientos con GA₃. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Los frutos con defectos como pudrición, deformidad o ausencia de pedúnculo no presentaron diferencias, siendo su incidencia muy baja.

El contenido de calcio, expresado en mg·kg⁻¹ en base a peso seco, en general fue mayor en los tratamientos con aplicación de GA₃ (Figura 5). Las aplicaciones de GA₃ en una sola oportunidad, presentaron el mayor contenido, superando los 11,5 mg·kg⁻¹ en base de peso seco. La firmeza de los frutos se ha relacionado con el contenido de calcio. Sin embargo,

Facteau (1982b) trabajando con la variedad Bing, indicó que el contenido de calcio de frutos no se relaciona con la firmeza, además el contenido de calcio no se altera con la aplicación de GA₃ (Facteau, 1982a; Kondo y Tomiyama, 1998).

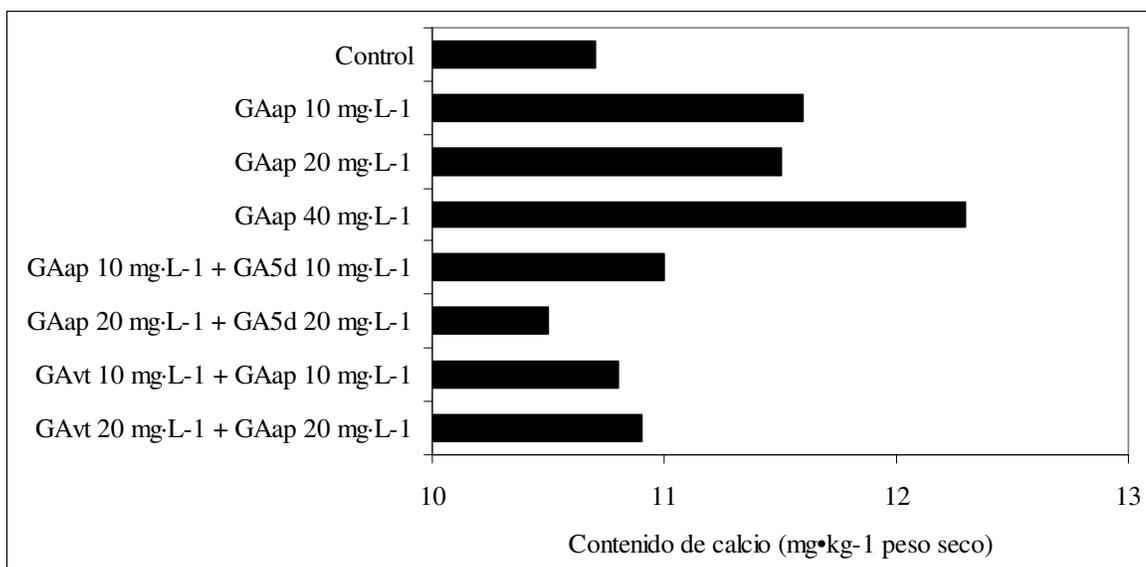


Figura 5. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el contenido de calcio en frutos con características comerciales, medido como mg·kg⁻¹ en base a peso seco, en cerezos de la variedad Lapins. Muestra compuesta en cada tratamiento.

Postcosecha de frutos

Se almacenó una muestra compuesta por tratamiento, donde la firmeza de los frutos superó valores de 80 unidades durofel en los tratamientos con GA₃, siendo mayores que el control (Cuadro 9). Al igual que en la evaluación de cosecha, los frutos tratados con GA₃ fueron más firmes. En cuanto al diámetro ecuatorial y masa, los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron mayores valores que el control, a excepción de 10 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde translúcido y amarillo pajizo, que fue menor a todos.

La concentración de sólidos solubles fue superior a 17 °Brix en los tratamientos con GA₃, exceptuando los tratamientos de 10 mg·L⁻¹ GA_{ap} y aplicación de 10 y 20 mg·L⁻¹ GA₃ en verde translúcido y amarillo pajizo, siendo estos últimos inferiores al control. En general, todos los tratamientos de GA₃ y el control aumentaron su valor de °Brix en postcosecha, asociándose esta alza a la deshidratación de los frutos producto del almacenamiento refrigerado.

En cuanto al índice de color, los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron menores valores que el control. Cabe destacar que el control presentó un valor similar al obtenido al momento de la cosecha, en cambio los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron un valor mayor, luego de almacenamiento refrigerado (Cuadro 9). Esto podría deberse a luego de cosecha continúa la síntesis de antocianos y otros pigmentos en los frutos.

Cuadro 9. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los parámetros de firmeza, diámetro ecuatorial, masa, concentración de sólidos solubles e índice de color en frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezo Lapins.

Tratamiento ¹	Firmeza (0-100)	Diámetro (mm)	Masa (g)	Sól. solubles (°Brix)	Índice de color
Control	77,3	28,2	9,5	16,8	2,7
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	79,0	28,3	9,8	16,2	2,4
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	81,4	29,7	11,1	17,4	2,4
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	85,8	29,4	10,9	17,1	2,0
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	82,3	29,7	11,2	17,5	2,2
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	84,5	28,9	10,5	17,3	2,3
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	84,3	27,9	9,4	15,8	2,0
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	86,2	29,1	10,7	16,3	2,1

1/ Muestra compuesta por tratamiento.

2/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

La Figura 6 presenta la partidura de los frutos, luego de 30 días de almacenamiento refrigerado, donde se observó presencia de todos los tipos. La partidura de mejilla, estilar y sutural fue menor en los tratamientos de GA₃. Los tratamientos menos afectados por la sumatoria de partiduras fueron GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ y GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L⁻¹, en cambio el control presentó el mayor porcentaje. La cantidad total de partiduras en postcosecha es menor que en cosecha. Sin embargo, los frutos que fueron refrigerados no estaban afectados por partiduras visibles, generándose estas probablemente en el almacenaje por la alta humedad ambiental y la condensación de agua en contacto con los frutos.

La mayoría de los pedúnculos presentaron deshidratación y decoloración severa (Cuadro 10). El porcentaje de pedúnculos sanos fue menor al 1% en todos los tratamientos. Los frutos categorizados con pedúnculos con decoloración incipiente, obtuvieron valores muy amplios desde un 8 a un 49%, siendo mayormente afectados los tratamientos GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ y GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L⁻¹.

Todos los tratamientos con aplicación de GA_3 presentaron menor porcentaje de pedúnculos con pardeamiento severo. Los tratamientos que presentaron el menor porcentaje, en esta categoría, fueron GA_{ap} $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y GA_{ap} $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ + GA_{5d} $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, bajo el 32% de incidencia (Cuadro 10). El hecho que frutos tratados con GA_3 tengan pedúnculos menos afectados con pardeamiento severo, indica una mejora en la condición de estos, sin embargo no elimina el pardeamiento.

Los pedúnculos deshidratados presentaron valores amplios en los tratamientos de GA_3 , desde un 14,8% al 89,5%. El control obtuvo un 54,3% de incidencia. Con los resultados obtenidos, no se observó un beneficio con la aplicación de GA_3 .

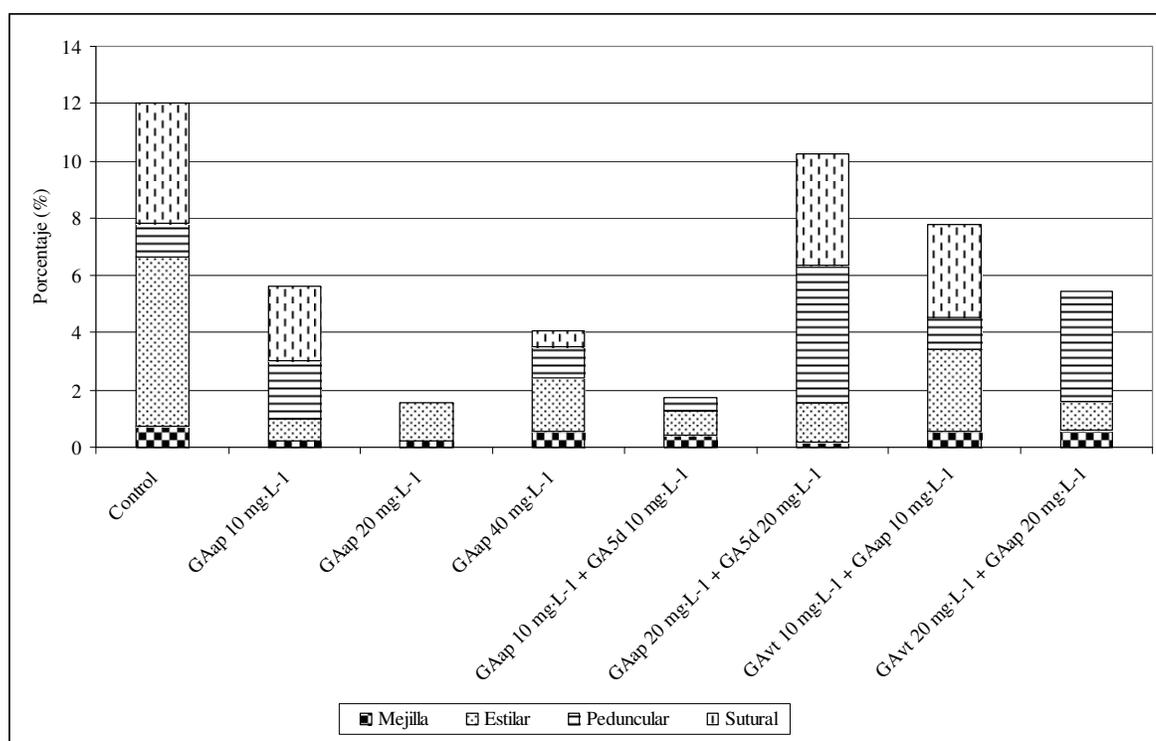


Figura 6. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la partidura de frutos, luego de 30 días de almacenamiento refrigerado, en la variedad de cerezos Lapins. Muestra compuesta por tratamiento, cada fruto pudo presentar más de una partidura.

La presencia de pudriciones fue baja en los frutos, el control tuvo un 2%, mientras tanto, los tratamientos con GA_3 fueron inferiores al 1% (Cuadro 11). El “pitting” se manifestó en un alto porcentaje, siendo menor en los tratamientos con GA_3 , donde el tratamiento de $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de GA aplicado en amarillo pajizo presentó un 21,1%, siendo el menos afectado. En cuanto a la presencia de frutos deshidratados, la incidencia fue menor a un 1%, sin observarse un efecto del GA_3 sobre este parámetro.

Cuadro 10. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el estado del pedúnculo en frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezos Lapins.

Tratamiento ¹	Porcentaje según estado de pedúnculo				
	Estado según pardeamiento				Deshidratado
	Sano	Incipiente	Moderado	Severo	
Control	0,4	8,1	13,8	77,0	54,3
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	0,2	13,2	22,4	64,2	53,2
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	33,4	48,8	17,8	67,0
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,3	9,5	27,3	62,7	89,5
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,0	49,0	17,9	32,0	14,8
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	1,0	17,2	23,6	57,3	43,1
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,0	16,1	33,2	50,1	37,2
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	8,1	21,3	68,8	66,6

1/ Muestra compuesta por tratamiento.

2/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Cuadro 11. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los daños visuales de pudrición, “pitting” y deshidratación de frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezos Lapins.

Tratamiento ¹	Porcentaje del total de frutos ²		
	Pudrición	“Pitting”	Fruto deshidratado
Control	2,0	55,2	0,1
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	0,4	21,1	0,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	38,5	0,0
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,3	46,0	0,0
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,4	40,1	0,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,2	22,8	0,0
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	1,0	26,4	0,4
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,4	50,4	0,8

1/ Muestra compuesta por tratamiento.

2/ Cada fruto puede presentar más de una partidura.

3/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Diferenciación floral

El índice de diferenciación floral, para la primera fecha de evaluación (30 de diciembre), no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, además por los valores obtenidos, ello indicarían el estado inicial evaluado de diferenciación floral, donde se observó en la mayoría de las yemas el meristemo redondeado y la formación primaria de las brácteas, (Figura 7).

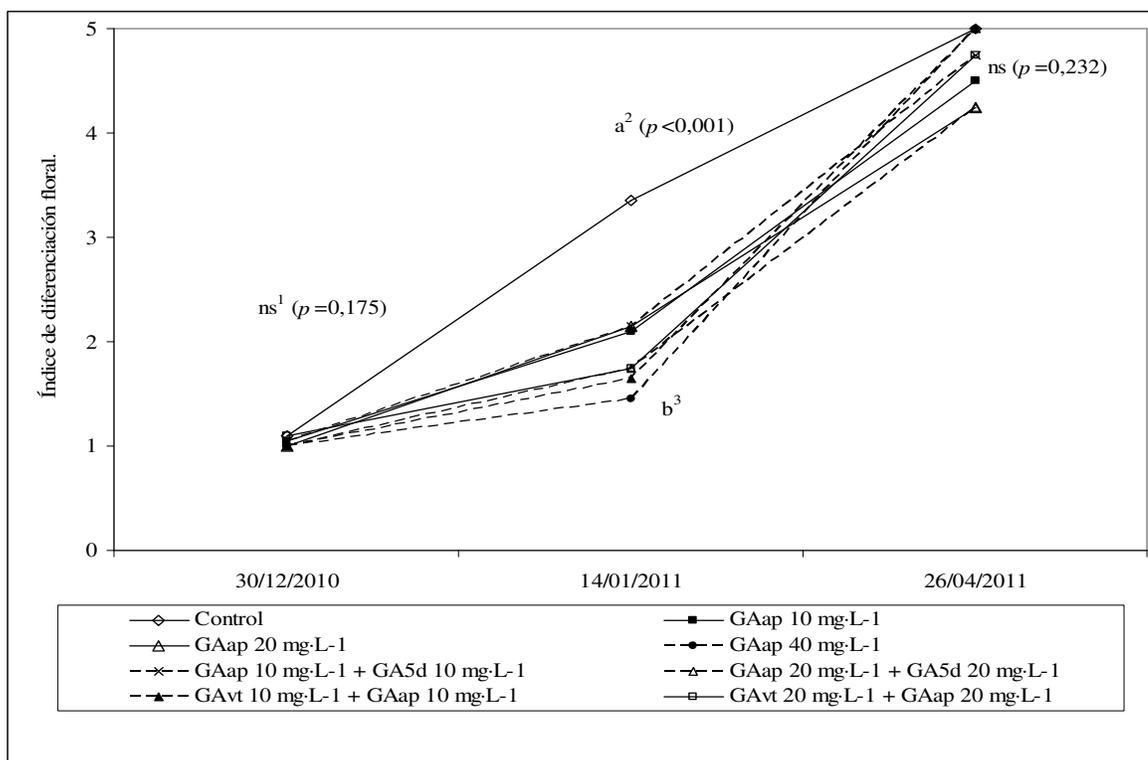


Figura 7. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la diferenciación floral expresada como índice de diferenciación floral en 3 fechas de análisis en la variedad de cerezo Lapins.

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ Todos los tratamientos con aplicación de GA_3 presentan diferencias estadísticas significativas con el control, compartiendo la letra "b".

En la segunda fecha de recolección (14 de enero), se observó un claro efecto en el retraso del proceso de diferenciación floral de las yemas tratadas con GA_3 , si bien existió una evolución, esta fue menor al control (Figura 7). Este último tratamiento presentó un estado más avanzado, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos con aplicación de GA_3 . Al observar las yemas del control, en general, se podía observar los primordios foliares y

los primordios de sépalos ordenados en espiral, en cambio en los tratamientos con GA₃, los estados más comunes fueron similares a la primera evaluación y las yemas más avanzadas en un estado donde se distinguían los primordios foliares de forma redondeada y alargada, además se observan las brácteas.

En la evaluación realizada el 26 de abril de 2011, se detectaron los estados más avanzados de diferenciación floral, no encontrándose diferencias estadísticas entre los tratamientos con GA₃ y con el control (Figura 7). Cabe rescatar que todas las yemas del control presentaron el último estado evaluado (todos los órganos florales diferenciados, incluyendo sépalos, pétalos, estambres y el pistilo. Los pétalos no pueden ser visto y los estambres y el pistilo están completamente cubiertos por los sépalos), no así todas las yemas tratadas con GA₃, que presentaban en algunos casos menores grados de diferenciación. En momentos de diferenciación floral, ocurre la práctica común en cerezo de aplicar GA₃ (Guimond *et al.*, 1998). El hecho de aplicar GA₃ durante y/o cercano al inicio de la etapa III de crecimiento del fruto, produjo un retraso en la diferenciación floral similar a lo descrito por Bradley y Crane (1960) y Unesik *et al.* (2005), quienes indicaron que la aplicación de GA₃ retarda el desarrollo de la yema floral. El retraso de la diferenciación de sus yemas florales puede variar, posiblemente porque el momento de diferenciación floral puede diferir entre variedades (Guimond *et al.*, 1998).

En cuanto al número de flores por yemas, la cantidad fluctuó entre 2,9 a 3,6, no pudiendo detectar diferencias significativas entre los tratamientos, ni con el control. Cabe destacar que el tratamiento 40 mg·L⁻¹ GA₃ fue el que presentó el mayor número (Figura 8). Posiblemente el número de yemas no se vio afectado por la aplicación de GA₃ ni por el retraso provocado en la diferenciación. Lenahan *et al.* (2006) indicaron que el GA₃ no reduce el número de flores por yema, concordando con el resultado de este ensayo.

La densidad de yemas florales y vegetativas por centímetros de longitud de los brotes de la temporada, no presentó diferencias entre los tratamientos y con el control. (Cuadro 12).

Los tratamientos con GA₃ presentaron un número similar de yemas florales relacionadas con la totalidad de las yemas de los brotes de la temporada, los valores fluctuaron entre 0,3 a 0,4 yemas florales por cada yemas del brote (Cuadro 12). La aplicación de GA₃ inhibe la inducción floral en cerezo (Brandley y Crane, 1960; Oliveira y Browning, 1993), donde las yemas de la base de brotes de la temporada son las mayormente inhibidas al compararse con las yemas de dardos (Facteau *et al.*, 1989; Lenahan *et al.*, 2006). El tratamiento al inicio de la etapa III de crecimiento del fruto resulta ser el que más reduce la floración (Facteau *et al.*, 1989), además los mismos autores demostraron que la reducción de la futura floración ocurre con concentraciones comúnmente usadas en los huertos comerciales. Sin embargo, en este ensayo no fue posible detectar el efecto del GA₃ en la disminución de yemas florales de los brotes de la temporada.

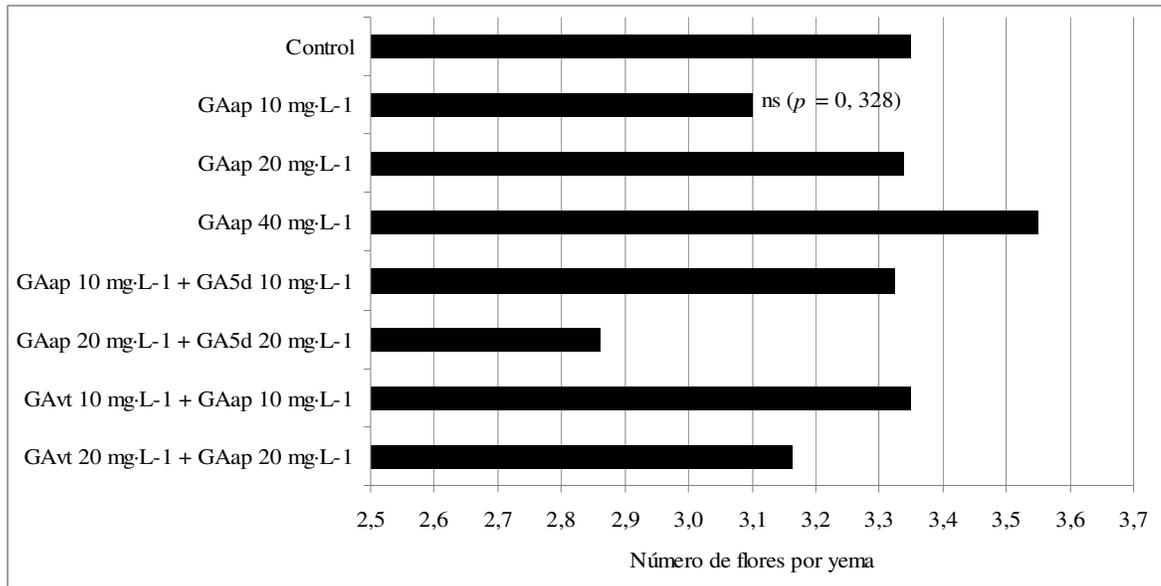


Figura 8. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el número de flores por yema en la variedad de cerezo Lapins. Yemas extraídas el 26 de abril de 2011.

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

Cuadro 12. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la proporción de yemas florales y vegetativas en relación al largo de la ramilla de la temporada y yemas florales en relación a las yemas totales en la variedad de cerezo Lapins.

Tratamiento	Nº yemas florales/ cm ramilla	Nº yemas vegetativas/ cm ramilla	Nº yemas florales/ Nº yemas totales
Control	0,19 ns ¹	0,33 ns	0,35 ns
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	0,11	0,28	0,29
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,17	0,28	0,36
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,13	0,28	0,31
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,18	0,29	0,37
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,15	0,33	0,30
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,21	0,30	0,40
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,17	0,28	0,38
Significancia	0,071	0,287	0,116

1/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

2/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Ensayo 2: Variedad Sweetheart®

Desarrollo de frutos

El análisis de la coloración de los frutos de una rama, ocurrido cuando el control tenía aproximadamente un 90% de ellos con coloración “rojo caoba” a “caoba oscuro”, dio como resultado en la categoría “falta de cubrimiento” que los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron un valor superior al control, similar a lo ocurrido en el Ensayo 1, a excepción GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ y GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L⁻¹ (Cuadro 13). El control presentó un 7,4% de sus frutos “falta de cubrimiento”, en los tratamientos con aplicación de GA₃ los porcentajes variaron entre un 17,6 a 62,3%. Todos los tratamientos con GA₃ fueron similares entre todos, salvo el de 10 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en amarillo pajizo, que fue el de menor coloración, comparado con el de 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde translúcido y amarillo pajizo.

Cuadro 13. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la distribución de color en frutos de la rama en la variedad de cerezo Sweetheart®.

Tratamiento	Porcentaje de color ¹				Índice de color (0-4)
	Falta cubrimiento	Rojo	Rojo caoba	Caoba oscuro	
Control	7,4 c ²	5,9 ns ³	63,1 a	23,6 ns	2,2 ns
GA _{ap} ⁴ 10 mg·L ⁻¹	17,6 bc	2,1	64,8 a	15,6	2,2
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	48,0 ab	2,9	46,2 ab	2,9	2,0
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	46,8 ab	7,5	31,5 b	14,3	2,1
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	28,2 abc	12,8	47,2 ab	11,8	2,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	52,1 ab	4,3	36,2 b	7,4	2,1
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	52,3 ab	1,9	37,5 b	8,3	2,1
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	62,3 a	7,0	28,9 b	1,8	1,8
Significancia	0,002	0,420	0,019	0,161	0,257

^{1/} La cosecha se realizó cuando los frutos de la rama del control tenían un 90% de frutos con coloración comercial aproximadamente.

^{2/} Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

^{3/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{4/} ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Los frutos de la categoría “rojo” tuvieron baja proporción (2% a 13%) comparada con las otras, no siendo posible detectar diferencias entre los tratamientos (Cuadro 13). En la categoría “rojo caoba”, los tratamientos con GA₃ tuvieron una menor proporción de frutos comparados con el control. Fue posible detectar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de GA₃ y el control, exceptuando de 10 y 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado únicamente en amarillo pajizo más el tratamiento GA_{ap} 10 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L⁻¹, que fueron similares a todos. Al igual que en el primer ensayo, en general el GA₃ provocó menores porcentajes de frutos “rojo caoba” en los tratamientos, pudiendo asociarse a un retraso de la maduración.

En la categoría “caoba oscuro”, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se observó una menor proporción de frutos en los tratamientos con GA₃, inferior a un 15,6% (Cuadro 13). En general, el tratamiento control presentó el mayor porcentaje de frutos en categorías “rojo caoba” y “caoba oscuro”, pudiendo demostrar un estado más avanzado de coloración.

El índice de color fue similar en los tratamientos de GA₃. No se observaron diferencias significativas en este parámetro, similar a lo observado en la variedad Lapins (Cuadro 13).

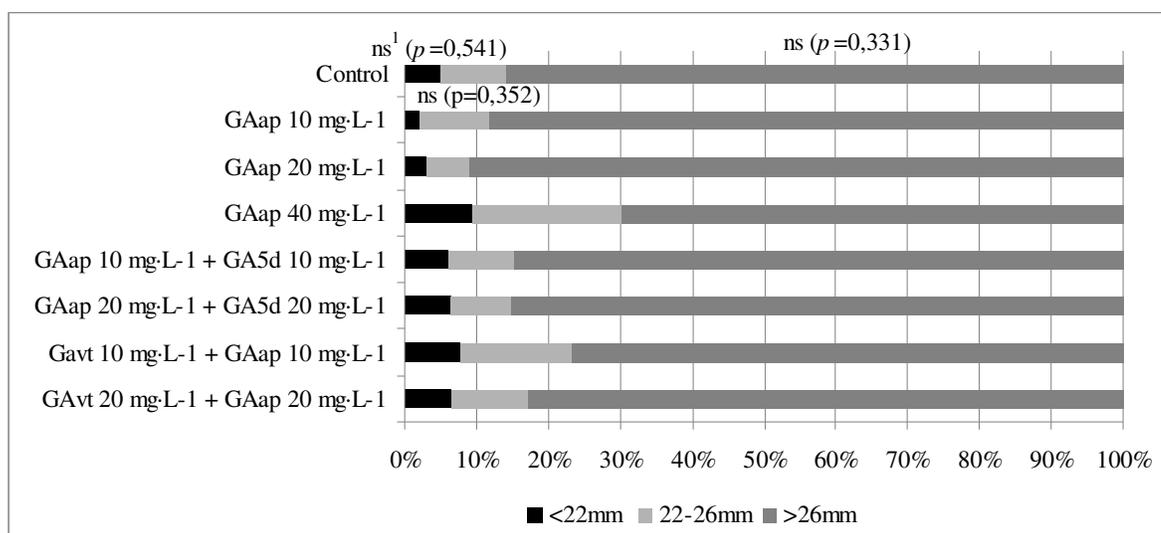


Figura 9. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la distribución porcentual de tamaños de los frutos de la rama en la variedad de cerezo Sweetheart[®]. La cosecha se realizó cuando los frutos de la rama del control tenían un 90% de frutos con coloración comercial.

1/ ns: diferencias no significativas en sentido vertical, $p = 0,05$.

En la distribución porcentual de los tamaños de los frutos de una rama, no se observaron diferencias entre los tratamientos para cada categoría (Figura 9). La mayor proporción de

los frutos se ubicó en la categoría sobre 26 mm, promediando un 80% para todos los tratamientos. Tampoco se detectaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al largo y ancho de pedúnculo (Cuadro 14), similar a lo ocurrido en la variedad Lapins.

En las evaluaciones realizadas en los frutos de color “rojo caoba” de la rama, no se detectaron diferencias en los parámetros de firmeza, concentración de sólidos solubles y masa (Cuadro 14), similar a lo ocurrido en la variedad Lapins.

Cuadro 14. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los parámetros de largo y ancho de pedúnculo, firmeza, masa y concentración de sólidos solubles de los frutos color rojo caoba de la rama en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Largo pedúnculo (mm)	Ancho pedúnculo (mm)	Firmeza (g·mm)	Masa (g)	Sólidos solubles (°Brix)
Control	33,4 ns ¹	1,20 ns	300,8 ns	11,0 ns	17,4 ns
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	31,2	1,21	341,2	12,1	18,4
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	31,3	1,18	363,6	12,4	18,3
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	33,1	1,22	330,2	11,1	17,7
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	31,2	1,28	332,5	12,0	17,8
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	31,1	1,18	352,1	11,5	18,3
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	30,1	1,21	352,1	11,7	18,2
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	32,0	1,21	316,3	12,4	16,6
Significancia	0,069	0,099	0,190	0,116	0,574

¹/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

²/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Partidura inducida

Luego de 2 horas de iniciado la inmersión de frutos, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Figura 10). Transcurridas 4 horas, se generó una alta presencia de partidura en todos los tratamientos, superior al 70%, sin poder detectar diferencias entre ellos. La proporción de frutos partidos luego de 6 horas fue superior al 80%, en todos los tratamientos. No se detectó beneficio de la aplicación de GA₃.

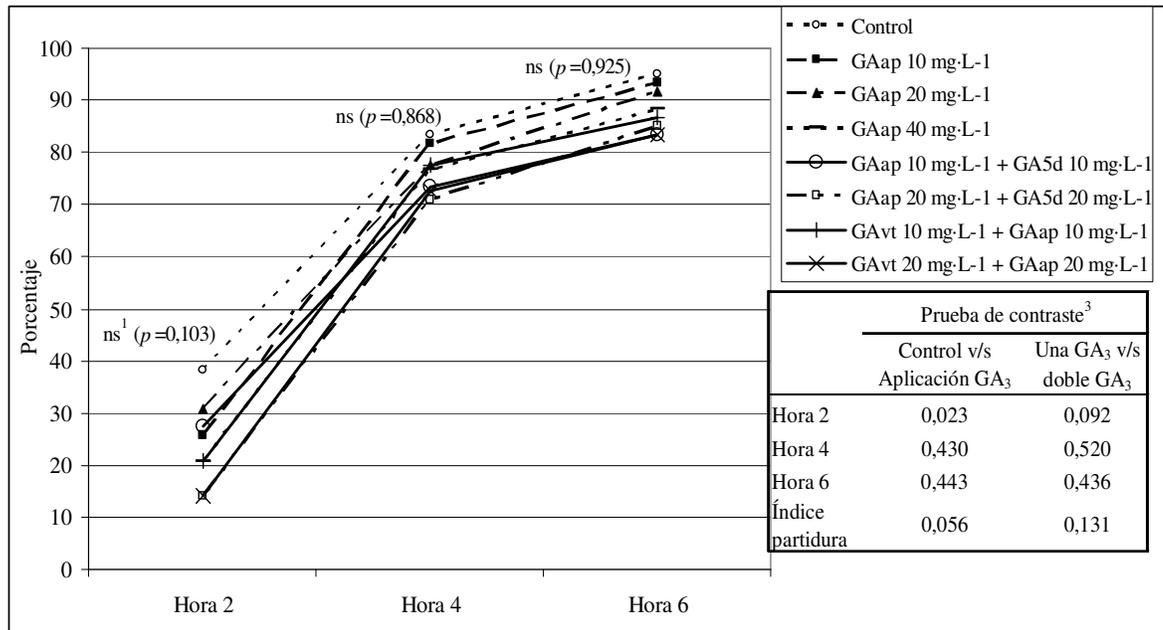


Figura 10. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la sumatoria de partidura inducida de frutos en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

^{1/} ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

^{2/} Análisis de contrastes en las que se muestra p -value de la prueba.

La prueba de contrastes muestra diferencias estadísticamente significativas para la hora 2 al compararse el control y la aplicación de GA₃ (Figura 10). Al contrastar la aplicación en una o dos oportunidades, no se encontraron diferencias, en ningún caso. No se observa un beneficio de la aplicación de GA₃, en cuanto a la disminución de la partidura en la variedad Sweetheart[®] para esta investigación. Esta variedad contó con cubierta antilluvia durante las semanas antes de cosecha, pudiendo ésta afectar la adaptación de los frutos al contacto con el agua, no favoreciendo el beneficio de la aplicación de GA₃.

En cuanto al índice de partidura no se detectó diferencias entre los tratamientos (Figura 11). En la investigación realizada por Horvitz *et al.* (2003) en la variedad Sweetheart[®], el índice de partidura inducida fue similar entre los tratamientos.

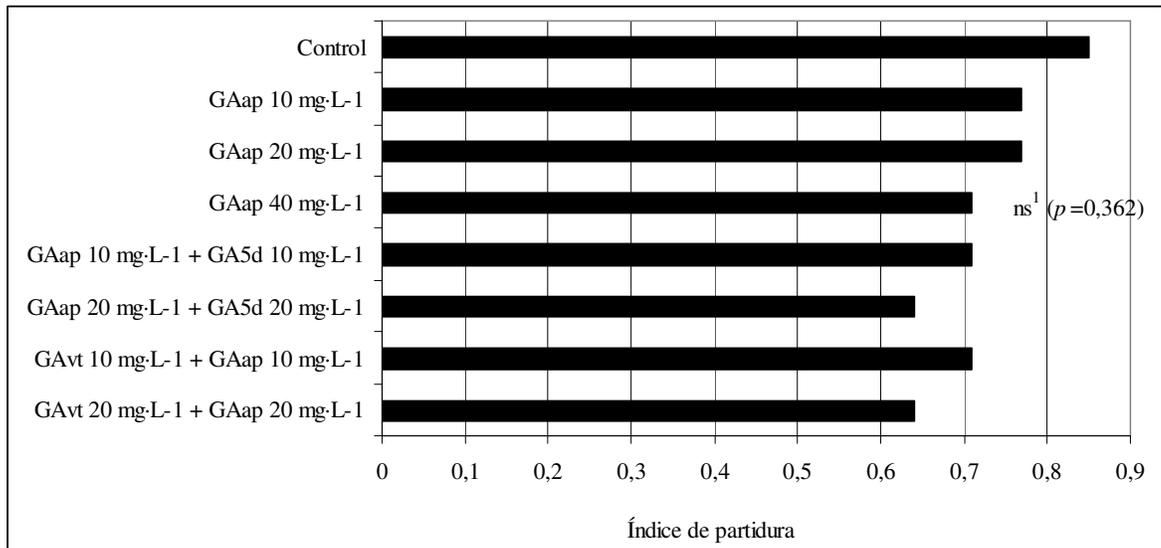


Figura 11. Índice de partidura inducida para los tratamientos en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

Cuadro 15. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el lugar de incidencia en el ensayo de partidura inducida en frutos con características comerciales en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Lugar de partidura (%) ¹		
	Mejilla	Estilar	Peduncular
Control	20,0 ns ²	88,3 ns	0,8 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	15,8	92,5	0,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	22,5	90,0	0,8
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	15,8	79,2	1,7
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	15,0	78,3	0,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	12,5	75,0	0,8
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	26,7	63,3	0,0
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	11,7	80,8	0,8
Significancia	0,732	0,784	0,537

1/ Cada fruto pudo presentar más de una partidura.

2/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

3/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

No se encontraron diferencias en los tipos de partidura de frutos evaluados, siendo el lugar más común de ocurrencia la zona estilar, con un 80% en promedio, luego la zona de las mejillas, y en un bajo porcentaje la zona peduncular (menor al 2%) (Cuadro 15). Knoche y Peschel (2006) indicaron que en los frutos de la variedad Sam, se produjo mayor partidura

en la zona de la cicatriz del estilo, similar a este ensayo. Sekse (2008) y los investigadores Knoche y Peschel (2006) demostraron que el ingreso de agua es mayor en la región estilar, luego en la mejilla y finalmente la sutura, además el estilo tiene mayor densidad de lenticelas (Sekse, 2008). Lo último podría ser la justificación de una mayor susceptibilidad de partidura de esa zona por el mayor ingreso de agua. Sin embargo, Beyer *et al.* (2002) discrepan de lo anterior, indicando que la región estilar no es la preferente para el ingreso de agua al fruto sino la zona peduncular.

Distribución de calibres

La distribución porcentual de tamaños de frutos presentó diferencias significativas en las categorías de 32 y 30 mm de diámetro ecuatorial (Cuadro 16). En las restantes, todos los tratamientos fueron similares.

Cuadro 16. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la distribución porcentual de tamaños medido como máximo diámetro ecuatorial de frutos con características comerciales en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Porcentaje de frutos según diámetro ecuatorial				
	34 mm	32 mm	30 mm	28 mm	26 mm
Control	0,7 ns ¹	19,3 b ²	55,7 a	20,0 ns	4,3 ns
GA_{ap}^3 10 mg·L ⁻¹	8,4	49,4 a	26,6 b	9,2	6,5
GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹	8,3	47,4 a	30,5 b	11,2	2,7
GA_{ap} 40 mg·L ⁻¹	4,5	34,2 ab	34,8 b	18,5	8,1
GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L ⁻¹	4,0	36,6 ab	38,2 ab	16,0	5,3
GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L ⁻¹	7,3	41,8 ab	32,5 b	13,6	4,8
GA_{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹	7,5	44,0 ab	30,6 b	12,0	5,8
GA_{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹	7,7	42,4 ab	32,6 b	12,2	5,2
Significancia	0,116	0,030	0,001	0,450	0,736

1/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ ap = aplicación de GA_3 en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA_3 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA_3 en verde translúcido.

Al describir la distribución de los frutos de diámetro ecuatorial de 32 mm, se observaron diferencias en los tratamientos con GA_3 con el control. Fue posible detectar diferencias entre los tratamientos de aplicación con GA_3 a 10 y 20 mg·L⁻¹ sólo en amarillo pajizo con el control, el cual obtuvo el menor valor, los restantes tratamientos fueron similares (Cuadro 16). Se pudo observar el efecto del GA_3 sobre la distribución de tamaños en algunos

tratamientos, aumentando la proporción de frutos de mayor tamaño, deseables por una mejor calidad de estos.

En cuanto a los frutos de calibre 30 mm, los tratamientos con GA₃ presentaron menores porcentajes que el control, este último presentó un 55,7%. Para esta categoría de tamaño, fue posible detectar diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos con aplicación de GA₃ con el control, exceptuando el tratamiento de 10 mg·L⁻¹ GA₃ en amarillo pajizo y 5 días después, que fue similar a todos (Cuadro 16).

Eficiencia productiva y calidad de fruta

En las evaluaciones de eficiencia productiva no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, fluctando los valores entre 85,1 a 138,2 g·cm⁻² ASTT (Cuadro 17). Se apreció que todos los tratamientos con aplicación de GA₃ presentaron valores de firmeza superiores a 83 unidades durofel, siendo superiores al control, similar a lo ocurrido en la variedad Lapins. Fue posible detectar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en una oportunidad y 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde translúcido y amarillo pajizo con el control, los restantes tratamientos fueron similares.

Cuadro 17. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la eficiencia productiva y los parámetros de firmeza, diámetro ecuatorial, masa de frutos con características comerciales en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Eficiencia productiva (g·cm ⁻² ASTT)	Firmeza (0-100)	Diámetro ecuatorial (mm)	Masa (g)
Control	117,1 ns ²	79,3 b ¹	29,7 ns	12,2 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	85,1	83,8 ab	30,4	12,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	94,4	88,1 a	30,6	12,4
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	138,2	86,1 ab	29,9	11,6
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	132,5	86,2 ab	30,4	11,8
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	94,9	85,6 ab	30,4	12,1
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	131,1	85,7 ab	31,1	12,7
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	126,9	87,8 a	31,0	12,6
Significancia	0,080	0,044	0,397	0,799

^{1/} Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

^{2/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{3/} ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido

El diámetro ecuatorial de los frutos fue mayor en los tratamientos con GA₃ al compararse con el control, obteniendo los primeros valores sobre los 29,9 mm. Sin embargo, no fue posible detectar diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 17). Clayton *et al.* (2003) no encontraron diferencias en este parámetro en una investigación realizada en California, E.E.U.U. en la variedad Bing. Esto pudo deberse, a que existe menor respuesta al GA₃ en árboles con alta carga (Facteau *et al.*, 1985a,b), como posible causa.

La masa de los frutos varió entre 11,6 hasta 12,7 g. No se detectaron diferencias entre los tratamientos de aplicación de GA₃ y con el control (Cuadro 17). En cuanto a la concentración de sólidos solubles, no fue posible detectar diferencias entre los tratamientos. La concentración varió entre 18,2 a 20,3 °Brix entre los tratamientos (Cuadro 18).

El valor de índice de color fue similar en todos los tratamientos con GA₃. Esto se pudo deber a que se realizó sólo una cosecha, donde se esperó una coloración en la mayoría de los frutos entre “rojo caoba” a “caoba oscuro”, disminuyendo la variabilidad de color (Cuadro 18). La acidez titulable de los frutos presentó diferencias significativas, donde el tratamiento con 20 mg·L⁻¹ de GA₃ aplicado sólo en amarillo pajizo fue el de mayor valor, presentando diferencia con todos los otros tratamientos. Los tratamientos de menor valor fueron GA_{ap} 40 mg·L⁻¹ y todos los que se aplicaron en dos oportunidades, excepto de GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L⁻¹.

Cuadro 18. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los parámetros de concentración de sólidos solubles, índice de color y acidez titulable de frutos con características comerciales en la variedad de cerezo Sweetheart.

Tratamiento	Sól. solubles (°Brix)	Índice de color	Acidez titulable
Control	19,7 ns ¹	2,08 ns	0,52 bc ²
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	18,5	2,15	0,53 bc
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	20,3	2,24	0,58 a
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	18,8	2,19	0,47 d
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	19,3	2,19	0,49 cd
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	18,2	2,20	0,46 d
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	18,8	2,24	0,53 b
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	18,6	2,06	0,49 bcd
Significancia	0,415	0,320	<0,001

¹/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

²/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

³/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

Este estudio mostró la posibilidad de realizar una única cosecha sin perjudicar la calidad de los frutos. Es así como en la variedad Sweetheart[®], el GA₃ uniformó la madurez óptima de gran parte de los frutos para ser cosechado, obteniendo beneficios como una mayor firmeza y tamaños al compararse con el control, y un retraso en la cosecha total del huerto. A nivel mundial no se encontró registro de estudios en este tema.

No existieron diferencias estadísticamente significativas en los tipos de partidura en los frutos en cosecha (Cuadro 19). Tanto la partidura peduncular como la de mejilla fueron casi nulas en todos los tratamientos. La partidura estilar presentó el mayor porcentaje de predominancia entre las partiduras en todos los tratamientos, siendo el tratamiento 10 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en amarillo pajizo en de mayor porcentaje. Sin embargo, todos los restantes tratamientos con GA₃ fueron menores al control. No se observó el benéfico del GA₃.

La sumatoria de todos los tipos de partiduras fue superior al 16,5% hasta un máximo de 36%, no siendo posible detectar diferencias. Los tratamientos con aplicación de 10 y 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en amarillo pajizo junto con el control fueron los que obtuvieron una mayor sumatoria de partiduras (Cuadro 19). Aunque en la variedad Sweetheart[®] se disponía de cubiertas antilluvias durante el proceso final de maduración, presentó una alta incidencia de partidura. Un punto importante puede ser el efecto de la cubierta sobre los frutos, en cuanto a su resistencia a la partidura, ya que podría afectar las condiciones climáticas bajo la cubierta. La exposición del fruto a alta humedad resulta en la formación de micropartiduras en la cutícula (Knoche y Peschel, 2006) incrementando la posibilidad de partidura (Sekse, 1995a), pudiendo ser una de las causales.

Cuadro 19. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la partidura natural de frutos en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Lugar de partidura (%) ¹				
	Peduncular	Sutural	Estilar	Mejilla	Total
Control	1,0 ns ²	4,5 ns	29,0 ns	0,0 ns	34,5 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	1,0	3,5	31,5	0,0	36,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	1,0	10,5	23,5	0,0	35,0
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	2,0	5,5	12,0	0,0	19,5
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,0	3,0	15,5	0,5	19,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,0	7,0	19,5	0,0	26,5
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,0	4,5	12,0	0,0	16,5
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	4,0	25,0	0,0	29,0
Significancia	0,619	0,658	0,284	0,459	0,414

^{1/} Cada fruto pudo presentar más de una partidura.

^{2/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{3/} ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

En cuanto a la presencia de pedúnculos decolorados y deshidratados, sus valores fueron muy bajos, no presentando diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 20). Para ambas variedades la presencia de daños y/o defectos en los pedúnculos a cosecha fue baja, además Drake y Elfving (2002), en una investigación realizada en la variedad Rainier, indicaron que el retraso en la cosecha en pocos días no afecta el color de los pedúnculos.

Solo el tratamiento $GA_{vt} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{ap} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ se diferenció significativamente del control, en frutos con presencia de machucos. Los restantes tratamientos fueron similares al control y el tratamiento nombrado (Cuadro 20).

Cuadro 20. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre los defectos de frutos con madurez comercial en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Porcentaje del total de frutos			
	Pedúnculo decolorado	Pedúnculo deshidratado	Machucón	“Pitting”
Control	2,5 ns ¹	0,5 ns	11,5 a ²	21,0 a
$GA_{ap} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,0	0,0	5,0 ab	12,0 ab
$GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,5	0,0	9,5 ab	13,0 ab
$GA_{ap} 40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	1,0	0,0	4,5 ab	5,0 b
$GA_{ap} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{5d} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	3,0	0,0	2,5 ab	9,0 ab
$GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{5d} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,0	0,0	4,0 ab	7,4 b
$GA_{vt} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{ap} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,0	0,0	2,0 b	7,5 ab
$GA_{vt} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0,0	0,0	4,0 ab	7,0 ab
Significancia	0,209	0,459	0,045	0,014

1/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ ap = aplicación de GA_3 en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA_3 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA_3 en verde translúcido.

En cuanto al “pitting”, en general, los tratamientos de GA_3 presentaron una menor predominancia, donde los tratamiento de GA_3 a $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ aplicado en amarillo pajizo y 5 días posteriores, presentaron un menor porcentaje diferenciándose estadísticamente del control, el cual obtuvo un 21% de presencia (Cuadro 20). La presencia de “pitting” en los frutos, al momento de cosecha, fue nulo en la variedad Lapins. Muy distinto ocurrió en la variedad Sweetheart[®], esto se pudo deber a la realización de sólo una cosecha, donde algunos frutos tenían madurez avanzada y presentaron ese defecto, o puede ser posible que la causa fuese varietal. Sin embargo, el “pitting” es raramente visto en los frutos en el árbol (Facteau y Rowe, 1979),

El contenido de calcio fue mayor en todos los tratamientos con aplicación de GA₃, superando los 17 mg·kg⁻¹ en base de peso seco, en este caso en control obtuvo 12 mg·kg⁻¹ (Figura 12). Los tratamientos con 20 mg·L⁻¹ de GA₃ aplicado sólo en amarillo pajizo y en verde translúcido y amarillo pajizo, presentaron los mayores contenidos de calcio, incluso triplicando el contenido del control.

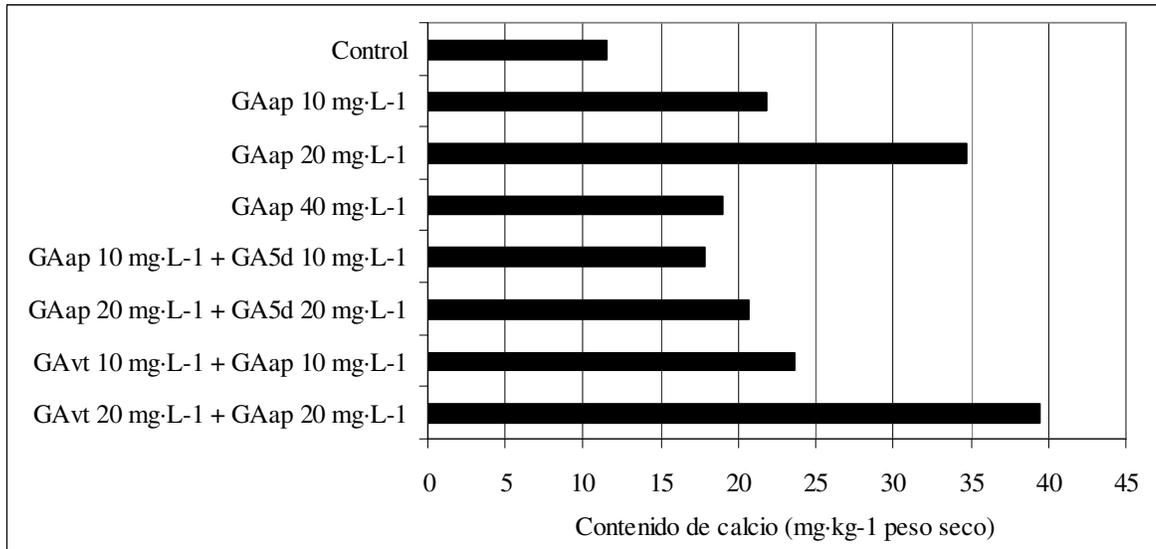


Figura 12. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el contenido de calcio en frutos, expresada como mg·kg⁻¹ en base a peso seco, en la variedad de cerezo Sweetheart[®]. Muestra compuesta por cada tratamiento.

Postcosecha de frutos

La firmeza de los frutos fue similar para todos los tratamientos con GA₃, salvo el tratamiento 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en amarillo pajizo que se diferenció estadísticamente con el control, que fue el de menor valor (Cuadro 21). La firmeza mostró un incremento luego de un almacenaje en frío, ese incremento puede estar relacionado con la pérdida de agua del fruto como fue indicado por distintos autores (Facteau y Rowe, 1979; Drake y Fellman, 1987; Barret y González, 1994; Drake y Elfving, 2002; Clayton *et al.*, 2003; Özkaya *et al.*, 2006; Koyuncu *et al.*, 2008; Gholami *et al.*, 2010;). Este aumento se produjo tanto en la variedad Lapins como en la variedad Sweetheart[®].

En cuanto al diámetro ecuatorial, fue posible detectar diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en amarillo pajizo y en control,. Este último presentó en valor promedio de 29,8 mm., siendo el menor. Los restantes tratamientos fueron similares a los tratamientos nombrados.

Cuadro 21. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre firmeza, diámetro ecuatorial, masa, concentración de sólidos solubles e índice de color en frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezo Sweetheart®.

Tratamiento	Firmeza (0-100)	Diámetro (mm)	Masa (g)	Sól. solubles (°Brix)	Índice de color
Control	82.8 b ¹	29.8 b	11.2 ns ²	19.8 ab	2,9 ns
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	86.7 ab	31.3 a	12.6	19.0 ab	3,1
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	91.5 a	31.0 ab	12.6	21.2 a	2,7
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	89.0 ab	30.8 ab	12.3	19.9 ab	2,8
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	88.1 ab	30.8 ab	12.4	19.4 ab	2,9
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	85.6 ab	31.0 ab	12.6	19.0 ab	2,9
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	87.8 ab	30.6 ab	12.1	19.0 ab	2,8
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	86.6 ab	30.8 ab	12.2	18.4 b	2,7
Significancia	0,025	0,047	0,088	0,045	0,401

¹/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

²/ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

³/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido.

La masa de los frutos no presentó diferencias entre los tratamientos (Cuadro 21). El índice de color promedio fue 2,9 (cercano a rojo caoba), no detectándose efecto de la aplicación de GA₃. Luego de almacenamiento refrigerado, los frutos presentaron una coloración más oscura en ambas variedades, al comparar con el color a cosecha. Lo anterior se puede explicar porque la concentración de antocianos se incrementa durante el almacenamiento según lo descrito en diversos estudios (Gonçalves *et al.*, 2007; Koyuncu *et al.*, 2008; Gholami *et al.*, 2010).

La concentración de sólidos solubles varió entre 18,4 a 21,2 °Brix, donde no se presentaron diferencias, salvo el tratamiento 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado únicamente en amarillo pajizo con el aplicado a la misma concentración en verde translúcido y amarillo pajizo, teniendo este último un menor valor.

La presencia de partidura de mejilla, sutural y peduncular fue muy baja (Cuadro 22). La partidura más común fue la estilar, donde el tratamiento de 10 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde translúcido y amarillo pajizo fue el que presentó mayor incidencia, diferenciándose significativamente con 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde translúcido y amarillo pajizo, los restantes tratamientos fueron similares a los recientemente nombrados. La sumatoria de partiduras de los frutos fue elevada, fluctuando entre un 9,9 a un 29,1%, siendo similar en todos los tratamientos, salvo el tratamiento 20 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde translúcido y

amarillo pajizo, detectándose diferencia estadísticamente significativa con el tratamiento 10 mg·L⁻¹ de GA₃ aplicado en verde translúcido y amarillo pajizo, el cual obtuvo el mayor valor. El control presentó un 16,4% de incidencia en la suma total de partiduras. En almacenamiento refrigerado se generan nuevas partiduras en los frutos de cerezo. Los frutos embalados para ser almacenados en frío no presentaban defectos, siendo la generación de las partiduras provocadas durante el almacenamiento, las cuales se pudieron generar por el tipo de almacenamiento y factores como la temperatura y/o humedad ambiental.

Cuadro 22. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la partidura de los frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezo Sweetheart®.

Tratamiento	Porcentaje del total de frutos ¹				
	Mejilla	Estilar	Peduncular	Sutural	Total
Control	0,0 ns ²	14,8 ab ³	0,3 ns	1,3 ns	16,4 ab
GA _{ap} ⁴ 10 mg·L ⁻¹	1,9	18,5 ab	0,2	1,5	22,0 ab
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,3	17,4 ab	0,9	4,7	23,4 ab
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,0	10,5 ab	0,3	1,1	13,9 ab
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,6	10,0 ab	0,5	1,8	12,9 ab
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,0	10,5 ab	0,3	0,9	11,7 ab
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,7	24,4 a	0,3	3,6	29,1 a
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,2	7,9 b	0,2	0,6	8,8 b
Significancia	0,525	0,040	0,858	0,077	0,024

^{1/} Cada fruto pudo presentar más de un defecto.

^{2/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{3/} Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

^{4/} ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido

El estado del pedúnculo fue estadísticamente similar entre todos los tratamientos en todos los parámetros de evaluación (Cuadro 23), destacando la ausencia total de pedúnculos sanos. La decoloración severa registró, en promedio, un 80% de presencia. En cuanto a la incidencia de deshidratación del pedúnculo fue muy alta, donde todos los tratamientos con aplicación de GA₃ fueron los de mayor incidencia, superando el 72%. El tratamiento control presentó un 67,3%. Horvitz *et al.* (2003) indicaron que las aplicaciones de GA₃ aumentaron el porcentaje con pedúnculos comerciales, producido por un menor pardeamiento de estos (Özkaya *et al.*, 2006; Gholami *et al.*, 2010), manteniendo una mejor condición (Koyuncu *et al.*, 2008). Sin embargo, Clayton *et al.* (2003) indican que frutos tratados con GA₃ tienen más pardeamiento del pedúnculo. En el caso de este ensayo, las afirmaciones comentadas por los anteriores autores, no concuerdan con estos resultados. Uno de los problemas más

graves de los frutos, luego de almacenaje refrigerado, es el pardeamiento del pedúnculo (Özkaya *et al.*, 2006), además su color y apariencia es usado como criterio para determinar el valor en el mercado (Drake y Elfving, 2002; Linke *et al.*, 2010), ya que es usado como indicador de la frescura y óptima calidad de los frutos (Linke *et al.*, 2010). La cereza pierde con mayor rapidez la calidad del pedúnculo que otras frutas porque tiene mayor consumo de agua y alta respiración (Horvitz *et al.*, 2003).

Cuadro 23. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el estado del pedúnculo de los frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Porcentaje del total de frutos				
	Estado según pardeamiento				Deshidratado
	Sano	Incipiente	Moderado	Severo	
Control	0,0	5,2 ns ¹	8,7 ns	84,8 ns	67,3 ns
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	0,0	9,3	10,4	77,8	72,4
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	3,1	2,8	90,6	80,7
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,0	10,8	9,8	76,9	75,1
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,0	4,7	14,1	78,6	76,3
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,0	5,8	10,5	82,2	74,9
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,0	7,1	8,9	81,8	72,8
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	8,7	9,6	79,2	74,1
Significancia	---	0,385	0,765	0,678	0,988

¹/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

²/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ luego de 5 días después de amarillo pajizo, vt= aplicación de GA₃ en verde translúcido

Defectos como machucones y “pitting” se presentaron altos porcentajes (Cuadro 24). El porcentaje de machucones fue similar entre todos los tratamientos con GA₃. Para la variedad Sweetheart[®] la presencia de machucones fue similar a la variedad Lapins a cosecha, pero en postcosecha aumentó considerablemente la incidencia del defecto, llegando incluso a un 35%. Por el hecho de cosechar la variedad Sweetheart[®] en una única cosecha, los frutos presentaron mayor madurez y una mayor incidencia de machucones, similar a lo descrito por Lidster *et al.* (1980). El incremento de la firmeza puede reducir la tendencia de machucones pero el “pitting” aparentemente es suprimido por otros efectos fisiológicos (Looney y Lidster, 1980).

En cuanto al “pitting”, se detectaron diferencias estadísticamente significativas, siendo el tratamiento con GA_{ap} 20 mg·L⁻¹ el que presentó el menor porcentaje (41,6%) diferenciándose del tratamiento de 10 mg·L⁻¹ GA aplicado en amarillo pajizo y 5 días posteriores (Cuadro 24). Los restantes tratamientos fueron similares. El “pitting” es un

importante problema en la producción de cerezas y en el mercado se está incrementando la cantidad de cerezas que viaja largas distancias para su comercialización (Kappel *et al.*, 2006), apareciendo síntomas algunos días o semanas después de dañarse el fruto (Porrit *et al.*, 1971; Toivonen *et al.*, 2004), relacionándose con la manipulación durante y después de la cosecha, produciéndose el síntoma en almacenamiento antes de su venta (Porrit *et al.*, 1971; Looney y Lidster, 1980). Drake y Elfving (2002), estudiando la variedad Lapins, indicaron que en años de alta incidencia de “pitting” a cosecha, aumenta aún más en postcosecha.

Cuadro 24. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre los daños visuales como pudrición, “pitting” y machucón en frutos luego de 30 días de almacenamiento refrigerado en la variedad de cerezo Sweetheart®.

Tratamiento	Porcentaje del total de frutos ¹		
	Pudrición	“Pitting”	Machucón
Control	2,2 ns ²	60,7 ab ³	35,6 ns
GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹	2,9	61,9 ab	26,0
GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹	1,6	41,6 b	34,8
GA_{ap} 40 mg·L ⁻¹	1,6	58,1 ab	20,9
GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA_{5d} 10 mg·L ⁻¹	4,5	72,0 a	20,7
GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA_{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,4	57,7 ab	17,4
GA_{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA_{ap} 10 mg·L ⁻¹	3,0	54,1 ab	27,1
GA_{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA_{ap} 20 mg·L ⁻¹	1,5	61,2 ab	12,3
Significancia	0,422	0,037	0,347

^{1/} Cada fruto puede presentar más de un defecto.

^{2/} ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

^{3/} Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

^{4/} ap = aplicación de GA_3 en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA_3 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA_3 en verde translúcido.

Uno de los efectos más significantes del GA_3 puede ser la supresión o retraso del desarrollo de “pitting” (Facteau y Rowe, 1979; Looney y Lidster, 1980; Unesik *et al.*, 2005; Kappel *et al.*, 2006; Özkaya *et al.*, 2006), caso que no se observó en este ensayo. Algunos factores del huerto como suelo, lugar, patrón y/o prácticas agronómicas pueden contribuir al “pitting” (Facteau y Rowe, 1979), además la variedad y/o estado de madurez de los frutos puede diferir en la susceptibilidad (Toivonen *et al.*, 2004). A mayor firmeza de los frutos, mayor susceptibilidad a “pitting” (Facteau y Rowe, 1979; Facteau, 1982b; Toivonen *et al.*, 2004), esto pudo ser la causa de la mayor presencia del daño. Sin embargo, Patten y Patterson (1985) trabajando con diversas variedades indicaron que los frutos más firmes, muestran reducido “pitting”. A su vez, Facteau (1982b) indicó que la mayor firmeza no se relaciona

necesariamente con la reducción del “pitting”. La firmeza del fruto está asociada con la susceptibilidad al “pitting”, pero es sólo un determinante parcial (Kappel *et al.*, 2006).

La pudrición no presentó diferencias entre los tratamientos, su presencia fue baja (Cuadro 24).

Diferenciación floral

En el índice de diferenciación floral para la primera fecha de evaluación, no se detectaron diferencias entre los tratamientos, siendo el control el de mayor índice, presentándose los primeros estados de diferenciación floral (Figura 13). Para la segunda fecha de análisis de yemas, no se observó el efecto del GA₃ en el retraso de la diferenciación floral de las yemas de los árboles tratados, caso diferente a lo ocurrido en el Ensayo 1. Sin embargo, en este caso, existió diferencia estadísticamente significativa entre el control y tratamiento de 10 mg·L⁻¹ GA₃ aplicado en verde traslúcido y amarillo pajizo.

En el último momento de recolección de yemas, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, presentándose los estados evaluados más avanzados de diferenciación (Figura 13). Mediante el análisis estadístico no se pudieron detectar diferencias. Los valores obtenidos en esta última evaluación para la variedad Lapins fluctuaron entre 4 a 5, en cambio para Sweetheart[®] variaron entre 2,8 a 5, observándose una mayor amplitud de estados de diferenciación. Similar a lo comentado en la variedad Lapins, las variedades pueden presentar distintos patrones de diferenciación.

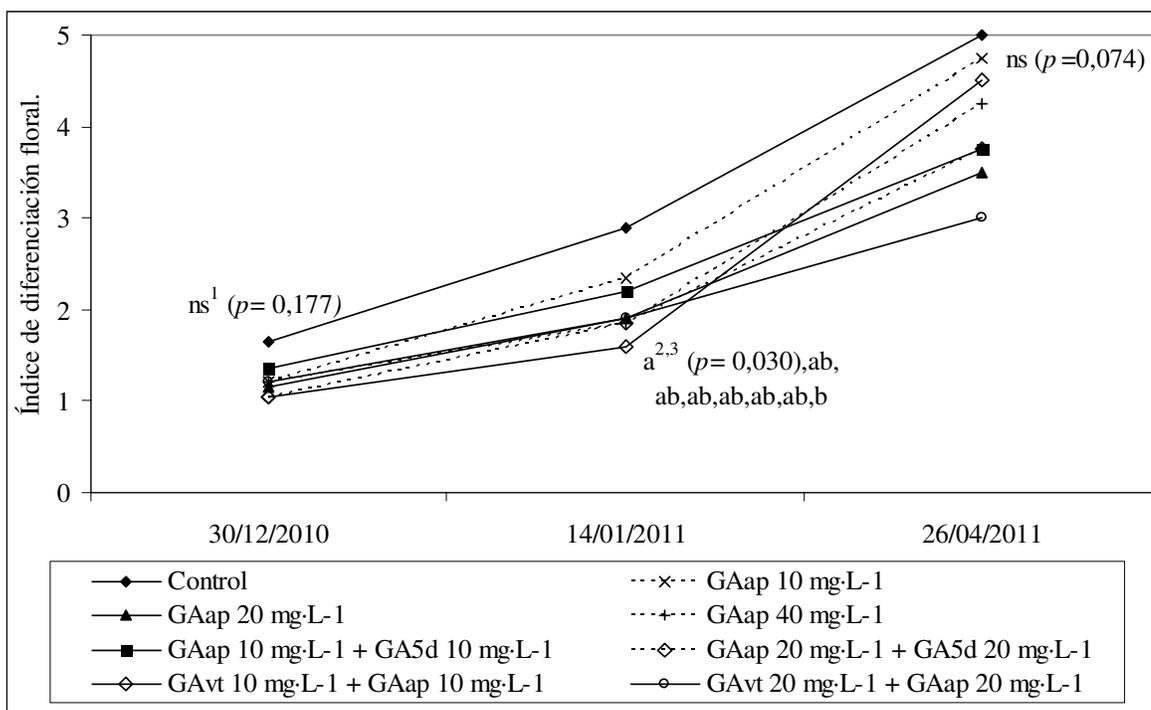


Figura 13. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la diferenciación floral, expresado como Índice de diferenciación floral, en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ Letras asignadas en cada punto desde la parte superior a la inferior.

El número de flores en yemas no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, bordeando las 3,2 flores por yema (Figura 14).

En los tratamientos con aplicación de GA_3 , la relación entre las yemas florales por centímetro de ramilla de la temporada, no presentó diferencias con respecto al control (Cuadro 25). Entre los tratamientos de GA_3 , se presentó diferencias estadísticamente significativas, donde el tratamiento $GA_{ap} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{5d} 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ se diferenció con los tratamientos de $GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $GA_{ap} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + GA_{5d} 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, siendo estos últimos de mayor cantidad de yemas florales por cm. En cuanto la relación de yemas florales con yemas totales, presentándose similar situación.

La relación entre yemas vegetativas relacionada con los centímetros de ramilla no presentó diferencias (Cuadro 25).

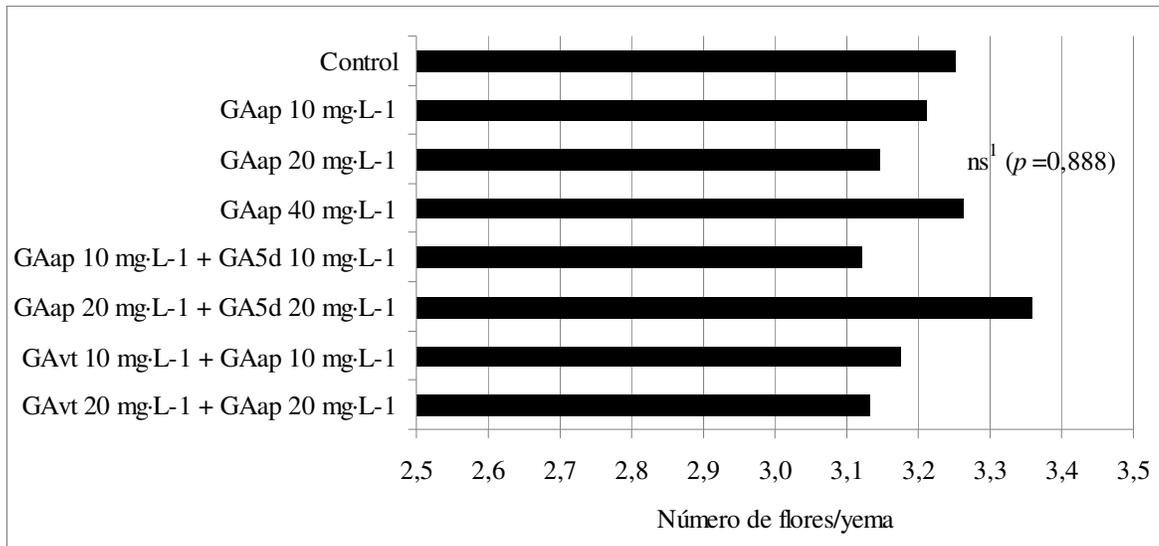


Figura 14. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el número de flores por yema en la variedad de cerezo Sweetheart[®]. Extracción de yemas realizada el 26 de abril de 2011.

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

Cuadro 25. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la proporción de yemas florales y vegetativas en relación al largo de la ramilla de la temporada y yemas florales en relación a las yemas totales en la variedad de cerezo Sweetheart[®].

Tratamiento	Nº yemas florales/ cm ramilla	Nº yemas vegetativas/ cm ramilla	Nº yemas florales/ Nº yemas totales
Control	0,12 ab ¹	0,32 ns ²	0,28 ab
GA _{ap} ³ 10 mg·L ⁻¹	0,15 ab	0,32	0,31 ab
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,09 b	0,37	0,20 b
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,15 ab	0,39	0,25 ab
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,23 a	0,39	0,39 a
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,10 b	0,38	0,22 b
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,17 ab	0,35	0,32 ab
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,12 ab	0,37	0,24 ab
Significancia	0,020	0,670	0,023

1/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

2/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

3/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido

Ensayo 3: Variedad Regina

Diferenciación floral

Para la primera fecha de evaluación, el índice de diferenciación floral no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, además el valor que se obtuvo indica que las yemas se encontraban en el primer estado del proceso de diferenciación floral, similar a lo ocurrido en los ensayos anteriores (Figura 15).

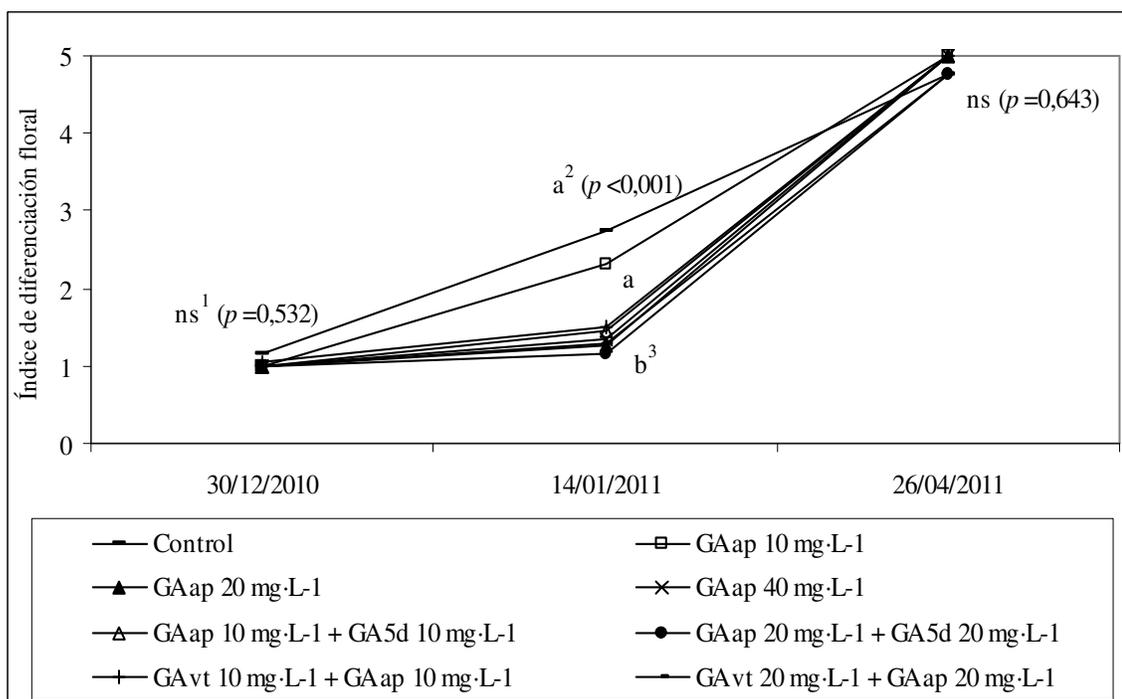


Figura 15. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA_3) sobre la diferenciación floral según fecha de análisis, expresado como Índice de diferenciación floral en la variedad de cerezo Regina.

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

2/ Medias en sentido vertical con distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey ($p = 0,05$).

3/ Grupo de tratamientos presentan diferencias estadísticas significativas con el control y el tratamiento de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en amarillo pajizo, compartiendo la letra "b".

Para la segunda oportunidad de recolección de yemas, se observó un efecto en el retraso de la diferenciación floral de las yemas en los árboles tratados con GA_3 (Figura 15). Se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos con aplicación de GA_3 y el control, excepto $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 aplicado en el momento de amarillo

pajizo. Los tratamientos que presentaron los menores valores de índice de diferenciación floral, presentaron en general, un valor similar al primer momento de recolección.

En la última extracción de yemas, se observó el estado evaluado más avanzado de diferenciación floral, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos, similares a lo ocurrido en las otras variedades estudiadas (Figura 15). En este caso, existió menor diferencia numérica entre los valores obtenidos para los tratamientos, distinto a los ensayos 1 y 2, indicando que gran parte de las yemas florales de todos los tratamientos presentaban el último estado evaluado de diferenciación.

En la Figura 16 se presenta el número de flores observadas en yema, donde destacó que los tratamientos con GA₃ presentaron las mayores cantidades. Sin embargo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En general los tratamientos donde se aplicó GA₃ en 2 oportunidades y 40 mg·L⁻¹ GA_{ap} presentaron el mayor número de flores. En este caso la aplicación de GA₃ pudo favorecer la cantidad de flores por yema, no encontrándose literatura que afirme este resultado. En este ensayo se observa una diferencia con los otros ensayos realizados, dado que en este caso, el número de flores fue mayor en los tratamientos con GA₃.

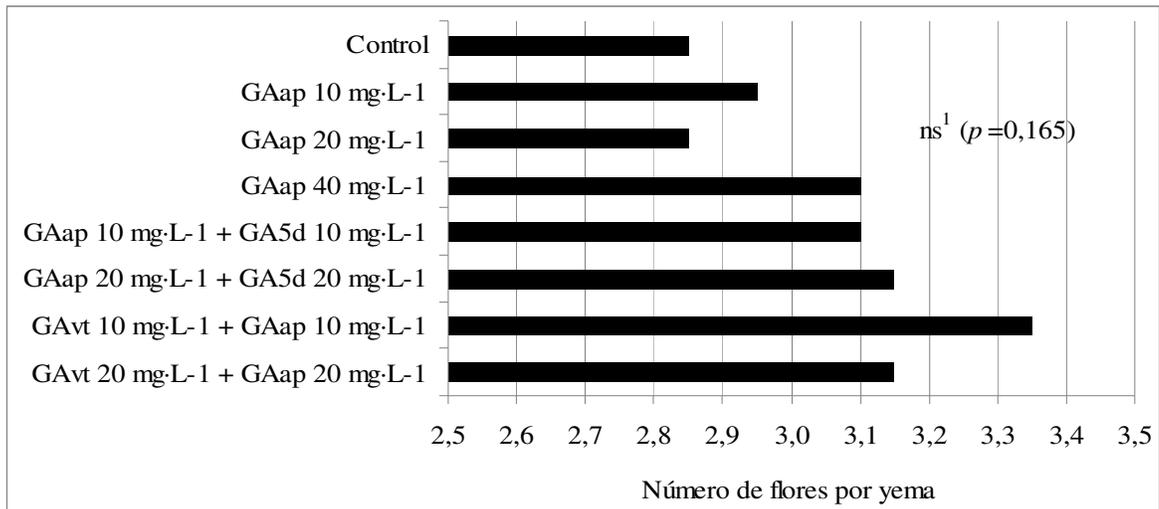


Figura 16. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre el número de flores por yema en la variedad de cerezo Regina.

1/ ns = Diferencias no significativas, $p = 0,05$.

La proporción de yemas flores y vegetativas relacionada con centímetros de largo de ramilla de la temporada, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 26). En cuanto a la relación de yemas florales por yemas totales de los brotes, no se detectaron diferencias, similar a lo ocurrido en la variedad Lapins.

Cuadro 26. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre la proporción de yemas florales y vegetativas en relación al largo de la ramilla de la temporada (medida en cm) y yemas florales en relación a las yemas totales en la variedad de cerezo Regina.

Tratamiento	Nº yemas florales/ cm ramilla	Nº yemas vegetativas/ cm ramilla	Nº yemas florales/ Nº yemas totales
Control	0,21 ns ¹	0,29 ns	0,41 ns
GA _{ap} ² 10 mg·L ⁻¹	0,21	0,27	0,44
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,18	0,28	0,39
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,15	0,27	0,36
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,17	0,28	0,38
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,18	0,27	0,39
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	0,18	0,26	0,41
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,19	0,25	0,43
Significancia	0,096	0,969	0,643

¹/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

²/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido

La aplicación de GA₃ mejoró la calidad de los frutos a cosecha, principalmente en tamaño y firmeza. Se debe tener en cuenta que la temporada influye en los atributos de calidad (Crisosto *et al.*, 2002), además la respuesta a la aplicación de GA₃ varía significativamente entre los genotipos (Facteau *et al.*, 1985b; Unesik *et al.*, 2005; Zhang y Whiting, 2011), año a año (Facteau y Rowe, 1979; Facteau *et al.*, 1985b), lugar de cultivo (Facteau *et al.*, 1985b), huerto a huerto, incluso entre árbol a árbol (Facteau y Rowe, 1979). El medio ambiente influye en los efectos y respuestas al GA₃, ya que pueden estar relacionadas con la temperatura, humedad, precipitaciones, nutrición, luminosidad y otros factores (Facteau *et al.*, 1985b). Todo lo anterior influye en como las plantas modulan su respuesta y los posibles efectos en las características que buscan mejorar en las cerezas los productores.

Teniendo como objetivo conocer el o los tratamientos que presenten un mejor efecto, los tratamientos con GA₃ presentaron frutos de mejor calidad en las variedades Lapins y Sweetheart[®] y presentaron retraso en la cosecha en la variedad Lapins. No se observó un mayor beneficio en realizar dos aplicaciones, ya sea antes de amarillo pajizo (estado conocido como verde translúcido) o posterior a ese estado. Facteau *et al.*, (1992) indican que la respuesta al GA₃ disminuye en la medida que las aplicaciones se aproximan al momento de cosecha. Kappel y MacDonald (2007) discuten que la aplicación temprana de GA₃ tiene una gran respuesta en el tamaño y firmeza del fruto. Dado los resultados generales, no existieron beneficios superiores por múltiples aplicaciones de GA₃ comparado con la aplicación única, similar a lo descrito por Kappel y MacDonald (2002).

Un punto importante a tomar en cuenta, al momento de realizar dos aplicaciones, es el aumento en los costos que se incurren por la doble utilización tanto de maquinaria como de capital humano. Según lo descrito anteriormente, se descarta la recomendación de las aplicaciones múltiples de GA₃ quedando las opciones de las aplicaciones únicas.

En términos generales, el tratamiento de 20 mg·L⁻¹ GA₃ presentó mejores resultados en calidad de frutos principalmente por disminuir la partidura, retraso de cosecha, firmeza y tamaño de frutos al ser comparado con los tratamientos aplicados en una oportunidad. Aplicar 20 mg·L⁻¹ GA₃ en vez de 40 mg·L⁻¹ GA₃, además trae consigo la disminución de ahorro de costo del producto. Finalmente el mejor momento para aplicar GA₃ fue en amarillo pajizo, similar a lo descrito por Proebsting *et al.* (1973). La recomendación general es aplicar 20 mg·L⁻¹, idéntico a lo comentado por Kappel y MacDonald (2002).

CONCLUSIONES

La aplicación de GA₃ en la variedad Lapins, en concentraciones de 40 mg·L⁻¹ en frutos de color amarillo pajizo ó 20 mg·L⁻¹ en amarillo pajizo y 5 días después, retrasa la coloración (maduración) de los frutos en aproximadamente una semana, y por ende su cosecha.

No se detecta un efecto positivo de la aplicación de GA₃ para reducir la partidura de frutos a la cosecha.

Los frutos de 'Lapins' tratados con GA₃ presentan menor proporción de partidura inducida, mientras que en la variedad Sweetheart[®], no se detecta efecto.

La aplicación de GA₃ mejora la firmeza y el tamaño de los frutos.

Luego de 30 días de almacenamiento refrigerado, los frutos tratados mantienen una mayor firmeza. El "pitting" y pardeamiento del pedúnculo presentan gran incidencia y no se logra controlar con GA₃.

La aplicación de GA₃ produce un retraso en el proceso de diferenciación floral, pero al final de la temporada, las yemas alcanzan el estado final de diferenciación evaluado, donde todos los órganos florales están diferenciados, incluyendo sépalos, pétalos, estambres y el pistilo.

En términos generales, el tratamiento de 20 mg·L⁻¹ de GA₃ presenta mejores resultados en cuanto a la calidad de frutos en cosecha y postcosecha. La mejor época para la aplicación de GA₃ es el estado de amarillo pajizo. Complementar con aplicaciones en otros momentos, no presentan mayores beneficios.

BIBLIOGRAFÍA

Andrews, P. K. and S. Li. 1995. Cell wall hydrolytic enzyme activity during development of nonclimateric sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *Journal of Horticultural Science* 70(4): 561-567.

Barret, D. and C. González. 1994. Activity of softening enzymes during cherry maturation. *Journal of Food Science* 59(3): 574-576.

Bradley, M. V. and J.C. Crane. 1960. Gibberellin-induced inhibition of bud development in some species of *Prunus*. *Science* 131: 825-826.

Beyer, M., S. Peschel, M. Knoche and M. Knörger. 2002. Studies on water transport through the sweet cherry fruit surface: IV. Regions of preferential uptake. *HortScience* 37(4): 637-641.

Choi, C., P. Wiersma, P. Toivonen and F. Kappel. 2002. Fruit growth, firmness and cell wall hydrolytic enzyme activity during development of sweet cherry fruit treated with gibberellic acid (GA3). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 77(5): 615-621.

Choi, C., P. Wiersma, P. Toivonen and F. Kappel. 2004. Effect of gibberellic acid during development of sweet cherry fruit: physiological and molecular changes. *Acta Horticulturae* 636: 489-495.

Clayton, M., W. Biasi, I. Agar, S. Southwick and E. Mitcham. 2003. Postharvest quality of 'Bing' cherries following preharvest treatment with hydrogen cyanamide, calcium ammonium nitrate, or gibberellic acid. *HortScience* 38(3): 407-411.

Clayton, M., W. Biasi, I. Agar, S. Southwick and E. Mitcham. 2006. Sensory quality of 'Bing' cherries following preharvest treatment with hydrogen cyanamide, calcium ammonium nitrate, or gibberellic acid. *HortScience* 41(3): 745-748.

Cline, J. A. and M. Trought. 2007. Effect of gibberellic acid on fruit cracking and quality of Bing and Sam sweet cherries. *Canadian Journal of Plant Science* 87: 545-550.

Christensen, J. V. 1995. Evaluation of fruit characteristics of 20 sweet cherry cultivars. *Fruit Varieties Journal* 49(2): 113-117.

Christensen, J. V. 1996. Rain-induced cracking of sweet cherries: Its causes and prevention. Pp. 297-330. *In*: A. Webster and N. Looney. Cherries: Crop Physiology, Production and Uses. CAB International, Wallingford, UK. 513 p.

Crisosto, C., G. Crisosto and M. Ritenour. 2002. Testing the reliability of skin color as an indicator of quality for early season 'Brooks' (*Prunus avium* L.) cherry. *Postharvest Biology and Technology* 24: 147-154.

Demirsoy, L. and S. Bilgener. 1998. The effects of preharvest chemical applications on cracking and fruit quality in 0900 'Ziraat', 'Lambert' and 'Van' sweet cherry varieties. *Acta Horticulturae* 468: 663-670.

Drake, S. R. and J. K. Fellman. 1987. Indicators of maturity and storage quality of 'Rainier' sweet cherry. *HortScience* 22(2): 283-286.

Drake, S. R. and D. C. Elfving. 2002. Indicators of maturity and storage quality of 'Lapins' sweet cherry. *HortTechnology* 12(4) 687-690.

Engin, H and A. Ünal. 2007. Examination of flower bud initiation and differentiation in sweet cherry and peach by scanning electron microscope. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31: 373-379.

Facteau, T. and K. Rowe. 1979. Factors associated with surface pitting of sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104(5): 706-710.

Facteau, T. 1982a. Levels of pectic substances and calcium in gibberellic acid-treated sweet cherry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107(1): 148-151.

Facteau, T. 1982b. Relationship of soluble solids, alcohol-insoluble solids, fruit calcium, and pectin levels to firmness and surface pitting in 'Lambert' and 'Bing' sweet cherry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107(1): 151-154.

Facteau, T., K. Rowe and N. Chestnut. 1985a. Firmness of sweet cherry fruit following multiple applications of gibberellic acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110(6): 775-777.

Facteau, T., K. Rowe and N. Chestnut. 1985b. Response patterns of gibberellic acid-treated sweet cherry fruit at different soluble solids levels and leaf/fruit ratios. *Scientia Horticulturae* 27: 257-262.

Facteau, T., K. Rowe and N. Chestnut. 1989. Flowering in sweet cherry in response to application of gibberellic acid. *Scientia Horticulturae* 38: 239-245.

Facteau, T., N. Chesnut, K. Rowe and C. Payne. 1992. Brine quality of gibberellic acid-treated 'Napoleon' sweet cherries. *HortScience* 27(2): 118-122.

Gholami, M., A. Sedighi, A. Ershadi and H. Sarikhani. 2010. Effect of pre- and postharvest treatments of salicylic and gibberellic acid on ripening and some physicochemical properties of 'Mashhad' sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *Acta Horticulturae* 884: 257-264.

Gonçalves, B., A. Silva, J. Moutinho-Pereira, E. Bacelar, E. Rosa and A. Meyer. 2007. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry* 103: 976-984.

González-Rossia, D., C. Reig, M. Juan and M. Agustí. 2007. Horticultural factors regulating effectiveness of GA₃ inhibiting flowering in peaches and nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Scientia Horticulturae* 111(4): 352-357.

Greco, P., M. Palasciano, R. Mariano, A. Pacifico and A. Godini. 2008. Susceptibility to cracking of thirty sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae* 795: 379-382.

Guimond, C., P. Andrews and G. Lang. 1998. Scanning electron microscopy of floral initiation in sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(4): 509-512.

Horvitz, S., C. Godoy, A. López and A. Yommi. 2003. Application of gibberellic acid to 'Sweetheart' sweet cherries: effects on fruit quality at harvest and during cold storage. *Acta Horticulturae* 628: 311-316.

Kappel, F., R. MacDonald and D. McKenzie. 2000. Selecting for firm sweet cherries. *Acta Horticulturae* 538: 355-358.

Kappel, F. and R. MacDonald. 2002. Gibberellic acid increase fruit firmness, fruit size, and delays maturity of 'Sweetheart' sweet cherry. *Journal of the American Pomological Society* 56(4): 219-222.

Kappel, F. and R. MacDonald. 2007. Early gibberellic acid sprays increase firmness and fruit size of 'Sweetheart' sweet cherry. *Journal of the American Pomological Society* 61(1): 38-43.

Kappel, F., P. Toivonen, S. Stan and D. McKenzie. 2006. Resistance of sweet cherry cultivars to fruit surface pitting. *Canadian Journal of Plant Science* 86: 1197-1202.

Knoche, M. and S. Peschel. 2006. Water on the surface aggravates microscopic cracking of the sweet cherry fruit cuticle. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131(2): 192-200.

Kondo, S. and H. Gemma. 1993. Relationship between abscisic acid (ABA) content and maturation of the sweet cherry. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 62(1): 63-68.

Kondo, S. and K. Inoue. 1997. Abscisic acid (ABA) and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) content during growth of 'Satohnishiki' cherry fruit, and the effect of ABA and ethephon application on fruit quality. *Journal of Horticultural Science* 72(2): 221-227.

Kondo, S. and A. Tomiyama. 1998. Changes of free and conjugated ABA in the fruit of 'Satohnishiki' sweet cherry and the ABA metabolism after application of (S)-(+)-ABA. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 73: 467-472.

Kondo, S. and Y. Hayata. 2000. Effects of indole-3-acetic acid and gibberellins on fruit development and maturation of sweet cherries. *Acta Horticulturae* 514: 75-82.

Kondo, S. and C. Danjo. 2001. Cell wall polysaccharide metabolism during fruit development in sweet cherry 'Satohnishiki' as affected by gibberellic acid. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 70(2): 178-184.

Kupferman, E. 1994. Cherry damage surveys in 1993. *Tree Fruit Postharvest Journal* 5(1): 17-19.

Koyuncu, M., T. Dilmaçunal, H. Savran and A. Yildirim. 2008. Shelf life quality of 'Bing' sweet cherry following preharvest treatment with gibberellic acid (GA₃). *Acta Horticulturae* 795: 825-830.

Lane, W. and H. Schmid. 1984. Lapins and Sunburst sweet cherry. *Canadian Journal of Plant Science* 64: 211-214.

Lane, W. and R. MacDonald. 1996. Sweetheart sweet cherry. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 161-163.

- Lane, W., M. Meheriuk and D. McKenzie. 2000. Fruit cracking of a susceptible an intermediate, and a resistant sweet cherry cultivar. *HortScience* 35(2): 239-242.
- Lenahan, O., M. Whiting and D. Elfving. 2006. Gibberellic acid inhibits floral bud induction and improves 'Bing' sweet cherry quality. *HortScience* 41(3): 654-659.
- Lenahan, O., M. Whiting and D. Elfving. 2008. Gibberellic acid is a potential sweet cherry crop load management tool. *Acta Horticulturae* 795: 513-516.
- Lidster, P., K. Muller and M. Tung. 1980. Effects of maturity on fruit composition and susceptibility to surface damage in sweet cherries. *Canadian Journal of Plant Science* 60: 865-871.
- Linke, M., W. Herppich and M. Geyer. 2010. Green peduncles may indicate postharvest freshness of sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology* 58: 135-141.
- Long, L., R. Nuñez-Elisea and H. Cahn. 2008. Evaluation of sweet cherry cultivars and advanced selections adapted to the Pacific Northwest U.S.A. *Acta Horticulturae* 795: 255-260.
- Looney, N. and P. Lidster. 1980. Some growth regulator effects on fruit quality, mesocarp composition, and susceptibility to postharvest surface marking of sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105(1): 130-134.
- Looney, N. 1996. Principles and practice of plant bioregulator usage in cherry production. pp. 279-298. *In: A. Webster and N. Looney. Cherries: Crop Physiology, Production and Uses. CAB International, Wallingford, UK. 513 p.*
- Looney, N., A. Webster and E. Kupferman. 1996. Harvest and handling sweet cherries. pp. 409-441. *In: A. Webster and N. Looney. Cherries: Crop Physiology, Production and Uses. CAB International, Wallingford, UK. 513 p.*
- Moing, A., C. Renaud, H. Christmann, L. Fouilhaux, Y. Tauzin, A. Zanetto, M. Gaudillère, F. Laigret and J. Claverie. 2004. Is there a relation between changes in osmolarity of cherry fruit flesh or skin and fruit cracking susceptibility?. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129(5): 635-641.
- Mozetič, B., P. Trebše, M. Simčič and J. Hribar. 2004. Changes of anthocyanins and hydroxycinnamic acids affecting the skin colour during maturation of sweet cherries. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 37: 123-128.

Muskovics, G., J. Feldöldi, E. Kovács, R. Perlaki and T. Kállay. 2006. Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 40: 56-63.

Oliveira, C. and G. Browning. 1993. Gibberellin structure-activity effects on flower initiation in mature trees and on shoot growth in mature and juvenile *Prunus avium*. *Plant Growth Regulation* 13: 55-63.

Özkaya, O., Ö. Dündar and A. Küden. 2006. Effect of preharvest gibberellic acid treatments on postharvest quality of sweet cherry. *International Journal of Food, Agriculture & Environment* 4(1): 189-191.

Patten, K. and M. Patterson. 1985. Fruit temperature effects on mechanical damage of sweet cherries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110(2): 215-219.

Podestá, L., F. Gil, M. A. Rodríguez y C. Arjona. 2001. Efecto del ácido giberélico y del calcio sobre el tamaño, agrietamiento y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales* 16(1): 37-48.

Porrit, S., L. Lopatecki and M. Meheriuk. 1971. Surface pitting – A storage disorder of sweet cherries. *Canadian Journal of Plant Science* 51: 409-411.

Proebsting, E. L. Jr., G. Canter and H. Millis. 1973. Quality improvement in canned Rainier cherries (*Prunus avium* L.) with gibberellic acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 98(4): 334-336.

Proebsting, E. L. and H. Millis. 1981. Effects of season and crop load on maturity characteristics of 'Bing' cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106(2): 144-146.

Remon, S., A. Ferrer, M. E. Venturini and R. Oria. 2006. On the evolution of key physiological and physicochemical parameters throughout the maturation of Burlat cherry. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 657-665.

Ren, J., L. Sun, J. Wu, S. Zhao, C. Wang, Y. Wang, K. Li and P. Leng. 2010. Cloning and expression analysis of cDNAs for ABA 8'-hydroxylase during sweet cherry fruit maturation and under stress conditions. *Journal of Plant Physiology* 107: 1486-1493.

Ren, J., P. Chen, S. Dai, P. Li, Q. Li, K. Ji, Y. Wang and P. Leng. 2011. Role of abscisic acid and ethylene in sweet cherry fruit maturation: molecular aspects. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 39: 161-174.

Roser, 1996. Investigations on cracking susceptibility of sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae* 410: 331-337.

Sekse, L. 1995a. Cuticular fracturing in fruits of sweet cherry (*Prunus avium* L.) resulting from changing soil water contents. *Journal of Horticultural Science* 70(4): 631-635.

Sekse, L. 1995b. Fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.). Some physiological aspects – a mini review. *Scientia Horticulturae* 63: 135-141.

Sekse, L. 1998. Fruit cracking mechanisms in sweet cherries (*Prunus avium* L.) – a review. *Acta Horticulturae* 468: 637-648.

Sekse, L. 2008. Fruit cracking in sweet cherry – Some recent advances. *Acta Horticulturae* 795: 615-624.

Sekse, L., K. Bjerke and E. Vangdal. 2005. Fruit cracking in sweet cherry - An integrated approach. *Acta Horticulturae* 667: 471-474.

Setha, S., S. Kondo, N. Hirai and H. Ohigashi. 2005. Quantification of ABA and its metabolites in sweet cherries using deuterium-labeled internal standards. *Plant Growth Regulation* 45: 183-188.

Simčič, M., M. Zavrtnik and J. Hribar. 1998. Biochemical and morphological changes in cherries during maturation and ripening. *Acta Horticulturae* 468: 725-730.

Simon, G. 2006. Review on rain induced fruit cracking of sweet cherries (*Prunus avium* L.), its causes and the possibilities of prevention. *International Journal of Horticultural Science* 12(3): 27-35.

Steel, R. y Torrie, J. 1993. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2° ed. McGraw-Hill. México. 622 p.

Toivonen, P., F. Kappel, S. Stan, D. McKenzie and R. Hocking. 2004. Firmness, respiration, and weight loss of 'Bing', 'Lapins' and 'Sweetheart' cherries in relation of fruit maturity and susceptibility to surface pitting. *HortScience* 39(5): 1066-1069.

Unesik, V., D. Kastelec and F. Stampar. 2005. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chemistry* 90(4): 663-671.

Yamaguchi, M., I. Sato and M. Ishiguro. 2002. Influences of epidermal cell sizes and flesh firmness on cracking susceptibility in sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars and selections. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 71(6): 738-746.

Yildirim, A. and F. Koyuncu. 2010. The effect of gibberellic acid applications on the cracking rate and fruit quality in the '0900 Ziraat' sweet cherry cultivar. *African Journal of Biotechnology* 9(38): 6307-6311.

Werstheim S. and A. Webster. 2005. Manipulation of growth and development by plant bioregulators. pp. 267-288. *In: Tromp, J. A. Webster and S. Wertheim. Fundamentals of Temperature Zone Tree Fruit Production. Backhuys Publishers, Linden, Netherlands. 400 p.*

Zhang, C. and M. Whiting. 2010. Improving 'Bing' sweet cherry quality with plant growth regulators. *Scientia Horticulturae* 127: 341-346.

Zhang, C. and M. Whiting. 2011. Pre-harvest foliar application of Prohexadione-Ca and gibberellins modify canopy source-sink relations and improve quality and shelf-life of 'Bing' sweet cherry. *Plant Growth Regulation* 1-12.

Zilkah, S., I. David, A. Rotbaum, E. Faingersh, S. Lurie and A. Weksler. 2008. Effect of plant growth regulators on extending of marketing season of sweet cherry. *Acta Horticulturae* 795: 699-702.

Zoffoli, J. P. 2010. Tabla de Color y Calibre de cerezas. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad de Católica de Chile.

APÉNDICE

Cuadro 1. Resumen de las evaluaciones realizadas en los frutos de las cosechas de cada rama y árbol en la variedad de cerezo Lapins.

Cosecha	Rama		Árbol	
	Única (14/12/2010)	Primera (16/12/2010)	Segunda (23/12/2010)	Tercera (29/12/2010)
Rendimiento		X	X	X
Número de frutos	X			
Distribución de calibres	X			X
Color	X			X
Índice de color				X
Masa individual de frutos	X			X
Firmeza	X	X	X	X
Sólidos solubles	X			X
Características de pedicelo	X			
Rendimiento		X	X	X
Defectos de la fruta			X	
Partidura inducida			X	
pH			X	
Acidez titulable			X	
Análisis nutricional de frutos				X

Cuadro 2. Resumen de las evaluaciones a realizadas en los frutos en la variedad de cerezo Sweetheart® en la cosecha de cada rama y árbol.

Cosecha	Rama		Árbol
	Única (27/12/2010)	Única (03/01/2011)	Única (03/01/2011)
Rendimiento			X
Número de frutos	X		
Distribución de calibres	X		X
Color	X		X
Índice de color			X
Masa individual de frutos	X		X
Firmeza	X		X
Sólidos solubles	X		X
Características de pedicelo	X		
Productividad	X		X
Defectos de la fruta			X
Partidura inducida			X
pH			X
Acidez titulable			X
Análisis nutricional de frutos			X

Cuadro 3. Efecto de distintas concentraciones y épocas de aplicación de ácido giberélico (GA₃) sobre los daños visuales de los frutos con madurez comercial, en promedios porcentuales, en la variedad de cerezo Lapins.

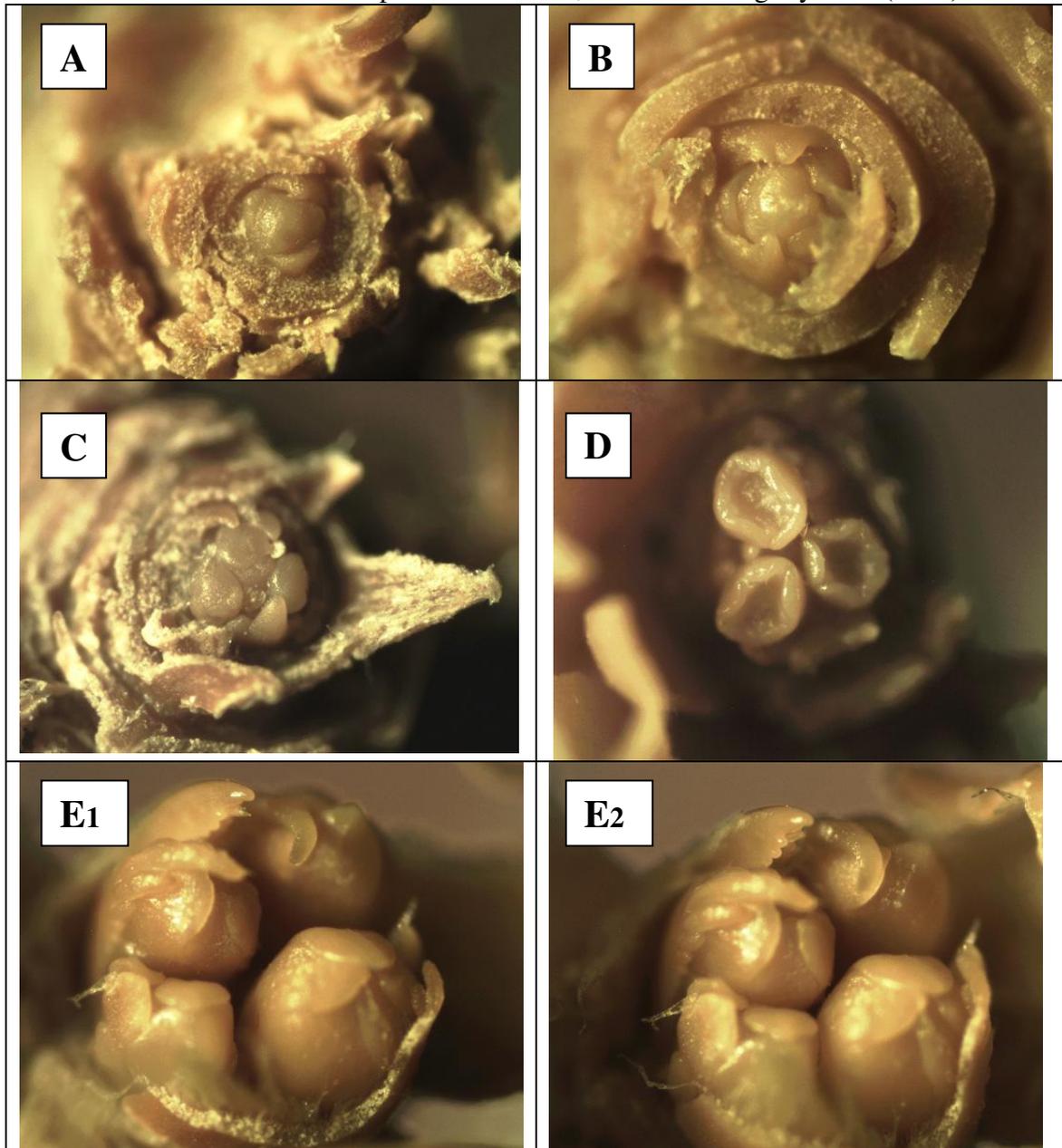
Tratamiento	Porcentaje del total de frutos ¹				
	“Pitting”	Machucó n	Pudrició n	Sin pedúnculo	Deform e
Control	0,0 ns ²	15,0 ns	1,0 ns	2,0 ns	2,5ns
GA _{ap} ⁴ 10 mg·L ⁻¹	0,0	5,5	0,5	0,5	1,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	5,5	1,0	1,0	5,0
GA _{ap} 40 mg·L ⁻¹	0,0	5,0	0,5	1,0	0,5
GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 10 mg·L ⁻¹	0,0	8,0	1,0	2,5	4,0
GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{5d} 20 mg·L ⁻¹	0,0	9,5	1,0	2,0	3,0
GA _{vt} 10 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 10 mg·L ⁻¹	1,0	7,0	0,5	3,0	3,0
GA _{vt} 20 mg·L ⁻¹ + GA _{ap} 20 mg·L ⁻¹	0,0	8,5	0,0	3,0	4,0
Significancia	0,459	0,853	0,777	0,395	0,137

¹/ Cada fruto puede tener más de un defecto.

²/ ns = Diferencias no significativas ($p = 0,05$).

³/ ap = aplicación de GA₃ en amarillo pajizo, 5d = aplicación de GA₃ 5 días después de amarillo pajizo, vt = aplicación de GA₃ en verde translúcido

Figura 1. Fotografías de los cambios morfológicos en la formación floral en las yemas de la base de los brotes de la temporada en cerezo, basados en Engin y Ünal (2007).



- A. Estado D1: Se observa el meristema redondeado y la formación primaria de las brácteas.
- B. Estado D2: Se distingue los primordios foliares de forma redondeada y alargada, además se observan las brácteas.
- C. Estado D3: Se siguen distinguiendo los primordios foliares pero se suman los primordios de sépalos ordenados en espiral.
- D. Estado D4: Se están diferenciando los primordios de los pétalos.

- E. Estado D5: Todos los órganos florales diferenciados, incluyendo sépalos, pétalos, estambres y el pistilo. Los pétalos no puede ser visto y los estambres y el pistilo están completamente cubiertos por los sépalos.