

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTOS DEL ETILENO EN LOS ATRIBUTOS RELACIONADOS CON LA
CALIDAD DE BAYAS DE UVA DE LA VARIEDAD RED GLOBE**

ROBERTO IGNACIO JARA MAUREIRA

SANTIAGO, CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTOS DEL ETILENO EN LOS ATRIBUTOS RELACIONADOS CON LA
CALIDAD DE BAYAS DE UVA DE LA VARIEDAD RED GLOBE**

**“EFFECTS OF ETHYLENE ON QUALITY RELATED ATTRIBUTES OF RED GLOBE
GRAPE VARIETY”**

ROBERTO IGNACIO JARA MAUREIRA

SANTIAGO, CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTOS DEL ETILENO EN LOS ATRIBUTOS RELACIONADOS CON LA
CALIDAD DE BAYAS DE UVA DE LA VARIEDAD RED GLOBE**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura

ROBERTO IGNACIO JARA MAUREIRA

	Calificaciones
PROFESORES GUÍAS	
Sr. Thomas Fichet Lagos Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
Sr. Bruno Defilippi Bruzzone Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,8
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Luis Luchsinger Lagos Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	7,0
Sr. Ítalo Chiffelle Gómez Bioquímico, Dr.	7,0
COLABORADOR	
Sra. Karen Sagredo Urra Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	

SANTIAGO, CHILE

2013

A mis padres Carlos y Cecilia

y

a mis hermanos Carlos y Andrés.

AGRADECIMIENTOS

Quiero ocupar este espacio para agradecer a todos quienes hicieron posible mi educación y formación, principales responsables de la persona que actualmente soy.

Quiero destacar a mis padres por estar siempre empujando, ayudando, consolando y más aun aconsejando en los momentos importantes de mi vida. Agradeceré siempre su esfuerzo por darme incluso lo imposible.

Agradezco la incansable compañía, sonrisas, lágrimas, consejos y retos que hemos compartido con mis hermanos, y que espero sigan por siempre.

Agradezco enormemente al profesor Bruno Defilippi por abrirme las puertas de manera muy desinteresada. Agradezco sus consejos, que hasta el día de hoy me acompañan; su preocupación y más aún su total disposición cuando la necesite. Gracias por su aliento y constante motivación que siempre me transmitió.

Al profesor Thomas Fichet por su disponibilidad cuando más lo necesité, por el apoyo y oportunidades dadas. Agradezco sus consejos y enseñanzas en las aulas, y aún más por los aportes en el desarrollo de esta memoria.

A mis amigos de la Universidad, Fernando, Pablo, Ricardo y Simón, por todas las horas de risa que les debo. Agradezco la oportunidad de haberlos conocido y por sobre todo hacerme más fácil el pasar por este largo camino que compartimos juntos desde el primer día.

Al laboratorio de Postcosecha de INIA La Platina y a toda su gente que permitió llevar a cabo el desarrollo de este trabajo. Gracias por su compañía, sonrisas y todos aquellos momentos inolvidables.

Al laboratorio del Centro de Servicio de AgroFresh en Curicó, por darme la oportunidad de compartir actualmente con un gran equipo de trabajo y por sobre todo amigos. Gracias Daniel y Pablo por tan gran oportunidad que me han otorgado y aún más por toda la enseñanza entregada. Gracias Cecilia por tu incesable apoyo y experiencias entregadas. Gracias Paz, Gonzalo, Fran y Mary por cada alegría que día a día comparten. Y más agradezco a Cathy por ser mi confidente y mejor amiga, por su incansable compañía y sus palabras de alientos cuando la vida se ha puesto difícil, y por supuesto por hacer más fácil mi estadía lejos del hogar.

Agradezco a la Universidad de Chile por haberme entregado todas las herramientas necesarias, a todos los profesores y funcionarios de la Facultad de Agronomía con los cuales tuve la oportunidad de compartir mi formación.

A la selección de fútbol de Agronomía por darme la oportunidad de conocer y compartir con un gran grupo, y más aún por darme la oportunidad de cumplir un gran sueño.

Por último agradezco al proyecto FONDECYT 1100273 por el financiamiento aportado en este estudio.

INDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCION	10
Hipótesis	12
Objetivos	12
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Lugar del estudio	13
Materiales	13
Metodología	13
Diseño experimental	13
Tratamientos y procedimientos	13
Momentos de evaluación	15
Variables evaluadas	15
a. Ambientales	15
- Temperatura y humedad relativa	15
b. Fisiológicas	16
- Tasa de producción de etileno	16
- Expresión del gen 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (<i>VvACO1</i>)	16
c. Baya	16
- Peso	16
- Materia seca	16
- Firmeza	16
- Color de racimo	17
- Concentración de sólidos solubles	17
- Acidez titulable	17
- Relación sólidos solubles/acidez	17
- Azúcares y ácidos orgánicos	17
d. Raquis	18
- Apariencia	18
Análisis estadístico	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Variables evaluadas	20
a. Ambientales	20
- Temperatura y humedad relativa	20
b. Fisiológicas	23
- Tasa de producción de etileno	23
- Expresión del gen 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (<i>VvACO1</i>)	24

c. Baya	27
- Peso	27
- Materia seca	28
- Firmeza	29
- Color de racimo	30
- Concentración de sólidos solubles	33
- Acidez titulable	33
- Relación sólidos solubles totales/acidez	34
- Azúcares y ácidos orgánicos	35
d. Raquis	41
- Apariencia	41
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA CITADA	43

RESUMEN

El etileno es considerado como la hormona vegetal de la maduración, dado que es capaz de controlar cambios de color, aroma, textura, sabor y otros atributos bioquímicos y fisiológicos en los frutos llamados climatéricos. Sin embargo, en la maduración de frutos no climatéricos estos cambios son poco conocidos y se consideran independientes del etileno. Es por esto, que el objetivo de este estudio fue analizar los efectos del etileno en pinta, sobre distintos atributos relacionados con la calidad de la baya de uva variedad Red Globe al momento de cosecha. Para ello, vides de esta variedad cultivadas en la localidad de Los Andes, región de Valparaíso, fueron tratadas alrededor de pinta con distintos productos capaces de modificar la acción del etileno; a unas se les aplicó 150 mg L^{-1} de 1-metilciclopropeno (1-MCP) para inhibir la percepción del etileno al impedir la unión etileno-receptor y a otras, $400 \mu\text{L L}^{-1}$ de ácido 2-cloroetilfosfónico (2-CEPA) para aumentar los niveles de etileno. El 1-MCP se aplicó semanalmente desde 6 a 11 semanas después de plena floración (SDPF) y el 2-CEPA se aplicó en la 7, 9 (pinta) y 11 SDPF. Las evaluaciones se realizaron semanalmente desde 6 SDPF hasta 17 SDPF (cosecha) en el laboratorio de Postcosecha del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), La Platina. Se midió la tasa de producción de etileno (TPE), expresión del gen ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (*VvACO1*), peso de la baya, porcentaje de materia seca de la baya, firmeza de la baya, color de racimo, sólidos solubles, acidez titulable, contenido de azúcar y ácidos orgánicos, y apariencia del raquis. De los resultados obtenidos, el 2-CEPA aumentó la TPE de las bayas y aceleró el desarrollo de color de los racimos, mientras que las bayas tratadas con 1-MCP no se diferenciaron de las control, indicando que su aplicación no tuvo efectos bajo las condiciones de este ensayo. Finalmente, la aplicación de etileno en pinta influye positivamente en la calidad de uva de la variedad Red Globe al momento de la cosecha, pues afecta directamente el desarrollo del color de sus bayas.

Palabras clave: bayas, pinta, 1-MCP, 2-CEPA.

ABSTRACT

Ethylene is considered the vegetal hormone of maturation, because, at the beginning, it is able of controlling changes as color, smell, texture, flavor, and other biochemical and physiological attributes in fruits called: climacteric. However, in the maturation process of non-climacteric fruits, these changes are considered almost unknown and independent of ethylene. Because of that, the purpose of this essay was to analyze the effects of the ethylene in the veraison and other attributes related with the quality of the grape berry of the variety “Red Globe”, at the moment of the harvest. For this, vines of this variety, cultivated in Los Andes, Valparaíso, were treated around the *veraison* with different products able of modifying the action of ethylene; some of them were applied 150 mg L⁻¹ of 1-methylcyclopropene (1- MCP) to inhibit the signaling of ethylene and avoid the ethylene-receptor binding, while others were applied 400 µL L⁻¹ of 2-chloroethylphosphonic acid (2-CEPA) to increase the levels of ethylene. 1-MCP was applied weekly since the 6th to the 11th weeks after flowering (WAF) and the 2-CEPA was applied in the 7, 9 (*veraison*) and 11 WAF. Assessments were made weekly from 6th WAF until the 17th WAF (harvest) in the postharvest laboratory of ‘Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), La Platina’, where we studied the rate of ethylene production (TPE), expression of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase (*VvACO1*) gene, weight of the berry, percentage of dry matter of the berry, firmness of the berry, color of the clusters, soluble solids, titratable acidity, content of sugar and organic acids and appearance of the rachis. From the obtained results, 2-CEPA increased the TPE and accelerated the development of the color of the clusters while 1-MCP didn’t differentiate treated berries from the control group, indicating that its application had no effect under test conditions. Finally ethylene in *veraison* influences positively in the quality of “Red Globe” grapes at the moment of the vintage, because it affects directly the development and color of its berries.

Key words: berries, veraison, 1-MCP, 2-CEPA.

INTRODUCCIÓN

La viticultura chilena se destaca en el escenario de las exportaciones mundiales, con una producción anual aproximada de 1.100.000 toneladas, con 52.655 hectáreas plantadas, lo que representa el 19,7% de la superficie frutícola chilena, convirtiendo a la uva de mesa en la especie frutal que más hectáreas ocupa (Neumann *et al.*, 2009; ODEPA, 2011). Para mejorar aún más este importante mercado, Del Solar *et al.* (2001), señalan que es necesario entrar con un precio competitivo entregando fruta de buena de calidad, es decir, buenos atributos que se mantengan en el tiempo, como tamaño y color de bayas. Además de una buena condición que no incluya pudriciones, desgrane, partiduras, menor firmeza y blanqueamiento de las bayas, permitiendo entregar lo que realmente demandan los compradores. Actualmente, a través de la utilización de distintos reguladores de crecimiento, se logra obtener fruta de calidad, ya que estos pueden tener diversos efectos como promover o incrementar el retorno floral, promover maduración más pareja y temprana, reducir la floración, ralea fruta, mejorar la calidad de la fruta, mejorar el color, disminuir el “russeting” y la partidura de los frutos, atrasar la madurez, mejorar la conservación de la fruta, mejorar la brotación, alterar la forma de los frutos, etc. (Sánchez, 2004). Por lo tanto, es importante conocer y entender, cómo actúan estos fitorreguladores y que efectos tienen sobre los frutos que hoy se comercializan.

Durante el desarrollo de la baya de uva, se han caracterizado tres etapas en relación con su crecimiento, en donde distintos fitorreguladores estarían influyendo directamente. Es así como, la etapa I se caracteriza por ser una fase de rápido crecimiento debido principalmente a la división celular, que puede durar de 20 a 65 días, dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales. En esta etapa existe una rápida acumulación de ácidos, tartárico y málico principalmente. La etapa II, es de lento crecimiento y de corta duración (8 a 15 días). Es aquí donde ocurre el envero o pinta, y se caracteriza principalmente porque se inician los procesos de ablandamiento y coloración de las bayas. Estos cambios estarían indicando el comienzo de la maduración y el de la etapa III, donde se define el tamaño final de la baya por acumulación de agua, al mismo tiempo se ablanda, acumula azúcares y se hace menos ácida; acumulan pigmentos, toma sabor y aroma, definiendo así su calidad final. Este último período dura entre 35 y 55 días (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Conde *et al.*, 2007; Gil y Pszczolkowski, 2007; Sun *et al.*, 2010).

El etileno es una hormona vegetal gaseosa que juega un papel regulador clave en la maduración de muchos frutos, es por esto que se le conoce particularmente como la fitohormona de la maduración. El proceso de maduración en frutos corresponde a una serie de cambios bioquímicos, fisiológicos y estructurales que hacen al fruto atractivo al consumidor (Lelièvre *et al.*, 1997; Barry y Giovannoni, 2007). La baya de *Vitis vinifera* L., se clasifica como un fruto no climatérico, según su patrón de respiración y producción de etileno (C₂H₄). Presenta una muy baja tasa de producción de CO₂ y C₂H₄, las cuales son de 5 a 10 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5°C y menos de 0,1 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹ (Kader, 2007). Según Lelièvre *et al.* (1997), el fuerte incremento en la producción de etileno en frutos climatéricos marca el inicio de la maduración, donde se producen cambios en el color, aroma, textura, sabor y otros cambios bioquímicos y fisiológicos, atributos importantes para la calidad final del fruto a comercializar. Por otro lado, la maduración de frutos no climatéricos es considerada como un proceso independiente del etileno y poco se sabe de los mecanismos que la regulan en este tipo de frutos. Coombe y Hale (1973), señalaron que es poco

probable que el etileno tenga un papel dominante en la maduración de la uva. Sin embargo, diversos estudios sugieren que el etileno influye directamente en múltiples aspectos relacionados con la maduración de la baya de vid, por lo que estaría afectando sus atributos de calidad. Es así como Hale *et al.*, (1970) indican que la maduración de la baya puede ser promovida o inhibida por etileno exógeno dependiendo del tiempo de aplicación y del período de desarrollo de la baya. El-Kereamy *et al.*, (2003) descubrieron que el etileno inducía la síntesis de antocianinas en la vid. Estudios realizados en bayas variedad Cabernet Sauvignon, permitieron identificar un alza de la producción de etileno en la séptima semana después de plena floración (SDPF), acompañado de un aumento de los niveles de transcripción del gen que codifica para la enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (ACO). Se descubrió también, que los tejidos de la baya de uva tienen una vía totalmente funcional para la síntesis de etileno y que esta vía sólo se activa antes de pinta, momento en que las bayas comienzan a acumular azúcares y en variedades rojas a acumular antocianinas, además, el etileno se encontraría implicado en la reducción de la acidez de la baya en la fase de maduración (Chervin *et al.*, 2004). Estudios adicionales utilizando 1-metilciclopropeno (1-MCP), inhibidor de la percepción del etileno (Blankenship y Dole, 2003), y ácido 2-cloroetilfosfónico (2-CEPA) compuesto que libera etileno, llevaron a la conclusión que el etileno estaría involucrado en la señal de transducción del control de la expresión del gen *VvADH2*, que codifica para una enzima alcohol deshidrogenasa y que se expresaría en la maduración de bayas de vid (Tesniere *et al.*, 2004). En estudios preliminares, el etileno fue relacionado con la acumulación de azúcar, sugiriendo que este efecto en la maduración de la baya debe ser reconsiderado (Chervin *et al.*, 2006). Otras investigaciones llevaron a la conclusión que bajas concentraciones de etileno, aplicadas a comienzo de pinta, aumentan el diámetro de baya de 'Cabernet Sauvignon' (Chervin *et al.*, 2008). Sun *et al.* (2010), concluyeron que la interacción del etileno junto con el ácido abscísico es requerida para que se inicie el proceso de maduración en bayas de uva de la variedad Moscatel de Hamburgo.

Comercialmente existe el producto denominado ethephon cuyo ingrediente activo es el ácido 2-cloroetilfosfónico (2-CEPA), que aplicado en el estado de pinta, puede mejorar y uniformizar la coloración de las bayas en variedades rojas con problemas de coloración, como son 'Flame Seedless' o 'Crimson Seedless', además, aumenta el peso de las bayas y no tiene efecto sobre el sabor y aceptabilidad de éstas (Carreño, 2004; Jayasena y Cameron, 2009). Otro producto utilizado es el 1-MCP, el cual al unirse a los receptores de etileno, impide la interacción etileno-receptor evitando finalmente la respuesta fisiológica normal producida por esta fitohormona (Blankenship y Dole, 2003). Comercialmente, para la aplicación en huerto, se utiliza un producto que posee este ingrediente activo y se denomina HarvistaTM Technology, el cual permite regular el proceso de maduración de frutos climatéricos en precosecha (Defilippi *et al.*, 2007). Actualmente el 1-MCP se está utilizando para mejorar la postcosecha de especies frutales climatéricas como manzana y kiwi (Campos *et al.*, 2008).

Este estudio sobre el etileno, permitirá complementar el conocimiento existente de su participación, al momento de pinta, en la maduración de uva de mesa, a través de productos que modifican el metabolismo y acción de esta fitohormona.

Hipótesis

El etileno, al momento de pinta, tiene efectos positivos sobre los atributos relacionados con la calidad de baya de vid variedad Red Globe a cosecha.

Objetivo

Identificar los efectos del etileno, al momento de pinta, sobre los atributos relacionados con la calidad de baya de vid variedad Red Globe, a cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2010-2011, en un parronal de la variedad Red Globe perteneciente al fundo 'El Guindal', en el Valle del Aconcagua, provincia de Los Andes, región de Valparaíso, Chile (32°52'22,13" latitud Sur y 70°38'54,14" longitud Oeste). Los análisis y evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Postcosecha del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro La Platina, comuna La Pintana, región Metropolitana, Chile.

Materiales

Se trabajó con plantas de vid de la variedad Red Globe de 12 años de edad, plantadas a una distancia de 3 x 3 m. en pie franco, conducidas en un sistema del tipo parrón español y con riego por goteo. Las plantas utilizadas no presentaban plagas o enfermedades y tenían un mismo vigor y una homogénea carga. Las plantas escogidas se distribuyeron en bloques según el sentido de la pendiente. Los manejos de poda, control de plagas y enfermedades, fertilización, riego y otros, correspondieron a los que normalmente realiza la empresa.

El estudio se realizó a través de un ensayo para ver el efecto del etileno en el estado de pinta o envero, sobre la calidad de racimos y bayas de la variedad Red Globe, durante su desarrollo y hasta el momento de cosecha. Se aplicaron distintos productos que afectan la actividad del etileno. Para inhibir la acción de etileno se utilizó el producto Harvista™ Technology que tiene como ingrediente activo al 1-MCP, el cual se aplicó con una bomba de espalda presurizada con CO₂. Para aumentar los niveles de etileno endógeno se utilizó el producto denominado Ethrel (Ethrel 48SL, Bayer CropScience, Santiago, Chile) que posee como ingrediente activo al 2-CEPA, el que se aplicó en primera instancia por inmersión de racimos en un recipiente de 2 L y luego por aspersión con la misma bomba presurizada.

Metodología

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con tres tratamientos y cinco repeticiones. La unidad experimental fue un grupo de dos plantas contiguas del cual se utilizó como unidad de muestreo un racimo por cada momento de evaluación.

Tratamientos y procedimientos

Este ensayo tuvo tres tratamientos que se detallan a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reguladores de crecimiento aplicados en uva 'Red Globe'.

Tratamientos	Producto	Ingrediente activo	Concentración	Mojamiento
T ₀	-	-	-	-
T ₁	Harvista™ Technology	1-MCP	150 mg i.a. L ⁻¹	1.000 L ha ⁻¹
T ₂	Ethrel	2-CEPA	400 µL i.a. L ⁻¹	1.000 L ha ⁻¹

1-MCP: 1-metilciclopropeno, 2-CEPA: ácido 2-cloroetilfosfónico

La aplicación de los tratamientos se realizó en función del momento de pinta, el cual ocurrió alrededor de la novena y décima semana después de plena floración (9 a 10 SDPF). El momento de pinta fue definido cuando el 30 a 50% de las bayas del racimo estaban en etapa de ablandamiento, lo que coincide con el aumento de sólidos solubles, caída de la acidez, quiebre de color y aumento en la producción de etileno (Abeles *et al.*, 1992; Chervin *et al.*, 2006; Peppi *et al.*, 2007). Sin embargo, el quiebre de color se vio retrasado producto de las condiciones ambientales que dominaron en el lugar de estudio esa temporada.

Las aplicaciones de 1-MCP se realizaron cada 7 días, comenzando desde 3 semanas antes de pinta (6 SDPF), hasta 2 semanas después de pinta (11 SDPF), originando 6 aplicaciones de este tratamiento en total. La aplicación se hizo por aspersión dirigida a la planta, mojando tanto hojas como racimos, utilizando una bomba pulverizadora de espalda presurizada a 40 psi con CO₂, con un volumen de mojamiento de 1.000 L·ha⁻¹. La aplicación de 2-CEPA se realizó en tres momentos, la primera fue a las 2 semanas antes de pinta (7 SDPF) y la segunda al momento de pinta (9 SDPF), ambas se hicieron vía inmersión completa de los racimos en un recipiente graduado de 2 L el cual contenía 1,5 L de solución. Para asegurar que cada racimo se sumergiera completamente en la solución, el recipiente se fue rellenando a medida que bajaba el nivel de solución, para ello se hizo una solución madre con la concentración deseada. La tercera aplicación se realizó a las 2 semanas después de pinta (11 SDPF) por aspersión con bomba espalda presurizada a 40 psi con CO₂, con un volumen de mojamiento de 1.000 L·ha⁻¹, en este caso la aplicación fue dirigida a los racimos. Los momentos, fecha y modo de aplicación se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Momentos y modos de aplicación de los distintos fitorreguladores en racimos de uva de la variedad Red Globe.

Tratamiento	Ingrediente Activo	Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Modo de aplicación
T ₀	-	-	-	-
T ₁	1-MCP	6 SDPF	22-12-2010	Aspersión
		7 SDPF	30-12-2010	Aspersión
		8 SDPF	06-01-2011	Aspersión
		9 SDPF (Pinta)	13-01-2011	Aspersión
		10 SDPF	19-01-2011	Aspersión
		11 SDPF	28-01-2011	Aspersión
T ₂	2-CEPA	7 SDPF	30-12-2010	Inmersión
		9 SDPF (Pinta)	14-01-2011	Inmersión
		11 SDPF	27-01-2011	Aspersión

SDPF: semanas después de plena floración, 1-MCP: 1-metilciclopropeno, 2-CEPA: ácido 2-cloroetilfosfónico.

Momentos de evaluación

Las evaluaciones se hicieron semanalmente desde que comenzaron a aplicarse los tratamientos hasta cosecha, la cual se realizó cuando el primer tratamiento alcanzó alrededor de un 60% de sus racimos en el nivel 5 de la escala de color utilizada, el cual corresponde al color característico de la variedad Red Globe (Figura 1). Cumplida esta condición, se procedió a cosechar los racimos de todos los tratamientos. El resto de los índices utilizados para determinar el momento de cosecha fueron los descritos por Lizana (1983). En cada momento de recolección se sacó de cada tratamiento un racimo por repetición, procurando que este estuviese sin ningún tipo de herida ni daño. Posteriormente, los racimos recolectados se trasladaron al Laboratorio de Postcosecha del INIA, La Platina, donde se realizaron las siguientes evaluaciones: fisiológicas (tasa de producción de etileno y expresión del gen *VvACO1*), a la baya (peso, materia seca, firmeza, color de racimo, sólidos solubles, acidez titulable, azúcares y ácidos orgánicos) y al raquis o escobajo (turgencia y color). También se realizó el registro de variables ambientales (temperatura y humedad relativa) a nivel de campo durante el período de estudio.

VARIABLES EVALUADAS

a. Ambientales

- **Temperatura y humedad relativa.** Estas variables se registraron cada 30 min con un medidor de temperatura y humedad relativa (Onset®, 'Data Logger' modelo HOB0 U23 Pro v2-001, Massachusetts, Estados Unidos), el cual fue puesto bajo el dosel de una planta de vid y se mantuvo ahí durante todo el período de estudio. Los valores obtenidos fueron expresados en grados Celsius (°C) para la temperatura y en porcentaje de humedad relativa (%HR) para la humedad relativa del aire. De las mediciones obtenidas, se consideró tanto los valores máximos como los mínimos del día, para relacionarlos con el crecimiento y desarrollo de color de cubrimiento (Ibacache, 2009).

b. Fisiológicas

- **Tasa de producción de etileno.** Para cada uno de los momentos de evaluación se midió la tasa de producción de etileno de las bayas. Para ello 5 a 8 bayas cortadas con pedicelo del racimo se pesaron y se colocaron en un recipiente donde se dejaron reposar por 1 hora en condición ambiental para evitar la producción de etileno por estrés al corte (Yu y Fa Yang, 1980; Zacarías y Lafuente, 2000). Posteriormente, el recipiente con las bayas se puso en un frasco de vidrio de 500 mL, el cual contenía 50 g de hidróxido de calcio o cal muerta ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en su base para atrapar el CO_2 producido. Luego el frasco fue sellado herméticamente y dejado a 20°C por 18 horas debido a los bajos niveles de etileno producido por las bayas (Chervin *et al.*, 2004). Finalmente, la concentración de etileno se determinó inyectando 1 mL de aire extraído del volumen libre del frasco sellado en un cromatógrafo de gases (Shimadzu, modelo GC-8A, Kioto, Japón), equipado con una columna de alúmina (Shimadzu, Porapak Q 80/100, Kioto, Japón) y un detector de ionización de llama (FID). El gas transportador utilizado fue nitrógeno. La temperatura del inyector, horno y detector fue de 150, 40 y 150°C , respectivamente. Los datos obtenidos se expresaron en tasa de producción etileno $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.
- **Expresión del gen 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (*VvACO1*).** De acuerdo a lo descrito por Chervin *et al.* (2004), se cuantificó el nivel de expresión de uno de los genes que codifican para la enzima ACO. La cuantificación se realizó por la metodología RT-qPCR y estuvo a cargo del área de Biotecnología del Laboratorio de Postcosecha, INIA, La Platina, donde las condiciones, procedimientos y análisis fueron realizadas según describe González –Agüero *et al.*, (2008). Los resultados se presentaron como expresión relativa del gen *VvACO1*.

c. Baya

- **Peso.** Se pesaron 15 bayas de cada racimo, utilizando una balanza digital (Adam Equipement Co Ltd., modelo AQT-200, Danbury, Estados Unidos), precisión 0,01 g.
- **Materia seca.** Se determinó el porcentaje de materia seca (% MS) a 25 bayas realizando 5 repeticiones de 5 bayas cada una. Para ello se extrajo de cada baya un trozo cortado de forma transversal de 2 mm aproximadamente, el cual fue puesto en un vaso de papel aluminio de 100 mL. Luego se pesó el vaso para obtener el peso fresco. Posteriormente se introdujeron los vasos en una estufa de secado (Quimis® Aparelhos Científicos Ltda., modelo Q-317M, Sao Paulo, Brasil). La temperatura de secado fue de 103°C y los trozos permanecieron en esta condición hasta alcanzar peso constante, correspondiente al peso seco. Para la medición del peso se utilizó una balanza digital (Adam Equipement Co Ltd., modelo AQT-200, Danbury, Estados Unidos), precisión 0,01 g.
- **Firmeza.** Con el objetivo de caracterizar la firmeza de bayas completas con piel, se midieron 15 bayas por racimo utilizando el equipo FirmTech2 (BioWorks, Inc., Kansas, Estados Unidos). La medición se basó en la fuerza necesaria para deformar en 1 mm la baya. La unidad fue $\text{g} \cdot \text{mm}^{-1}$. La medición de firmeza se realizó a una temperatura de la baya de 20°C .

- **Color de racimo.** Se midió el color de los racimos utilizando una escala hedónica con cinco niveles de color (Figura 1). Esta medición se utilizó para determinar la evolución del color de los racimos tratados durante el período estudiado. Además se utilizó esta misma escala para determinar la distribución en cada nivel de color de todos los racimos que se encontraban en las parras en tres momentos distintos (13, 15 y 17 SDPF), permitiendo conocer el porcentaje de racimos que obtenían el nivel 5 de color, deseado para su comercialización, lo que permitió determinar cuándo realizar la cosecha.



Figura 1. Escala de color para racimos de uva de la variedad Red Globe utilizada en este ensayo.

- **Concentración de sólidos solubles.** Se utilizaron 15 bayas para esta evaluación por cada racimo muestreado. Para ello, se utilizó jugo extraído de cada baya para medirlo con un refractómetro termocompensado (Atago®, modelo Master-T 2312, Tokio, Japón) con rango de medición de 0 a 33,0%. Los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje de sólidos solubles (%SS).
- **Acidez titulable.** La acidez titulable se obtuvo a través de la titulación de 10 mL de jugo extraído de una muestra compuesta representativa de las bayas, con hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 N hasta alcanzar la neutralización de los ácidos a pH 8,2. Para ello, se utilizó un medidor de pH (Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star, Massachusetts, Estados Unidos). Los resultados fueron expresados como % de acidez equivalente al ácido tartárico.
- **Relación sólidos solubles/acidez.** De los valores obtenidos de la evaluación de sólidos solubles y acidez titulable se realizó la relación sólidos solubles y acidez titulable.
- **Azúcares y ácidos orgánicos.** Los azúcares y ácidos orgánicos fueron analizados según el método descrito por Pérez *et al.* (1997). Para ello, 10 g de tejido se homogenizaron en una equipo Polytron con 25 mL de etanol frío al 95% durante 3 a 5 min. La muestra se centrifugó a 12.000 rpm (20.000 g_n) durante 20 minutos a 4°C y se filtró al vacío pasando el sobrenadante a través de dos capas de papel Whatman n° 1 (Whatman, Cat. No. 1001 090, Inglaterra). Posteriormente, el producto del filtrado se ajustó a un volumen de 50 mL añadiendo etanol al 80%. A continuación se tomó una alícuota de 10 mL la que se secó bajo una flujo de nitrógeno a 50 °C. Posteriormente el material seco se disolvió en 2 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,2 N con 0,05% de

ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). La muestra disuelta se cargó en un cartucho (Waters, Sep-Pak® Ligth C18, Massachusetts, Estados Unidos) activado con metanol (CH₃OH) y se rescató el efluente. Luego la muestra se eluyó con 4 mL de solución H₂SO₄ 0,2 N con 0,05% de EDTA y posteriormente se filtró a través de un filtro de 0,45 µm. Finalmente la solución obtenida se analizó por HPLC inyectando 20 µL de muestra.

Los azúcares fueron analizados en un cromatógrafo compuesto de un detector ELSD (Evaporative Light Scattering Detectors), Sedex 60 Lt ELSD, Sedere y usando una interface (Jasco, LC-NET III/ADC, Tokio, Japón). La separación cromatográfica del azúcar se realizó usando una columna amino Kromasil 100 5NH₂ (250 mm x4,6 mm) (Akzo, Nobel, Suecia). Se usó una fase móvil de acetonitrilo (C₂H₃N) 77% con agua HPLC 23%, degasificada y ultrasonificada. El flujo de la fase móvil fue 1,8 mL·min⁻¹, y el tiempo de corrida fue de 9 min a 20 °C, con una presión de 12 kPa. Los ácidos orgánicos se analizaron en un cromatógrafo con un detector de rango ultravioleta visible (Jasco, UV-20 75 Plus, Tokio, Japón) inyectando un volumen de muestra de 20 µL. La medición se realizó a una frecuencia de 195 nm, y usando una interface (Jasco, LC-Net III/ADC, Tokio, Japón). La separación de ácidos se hizo utilizando una columna de 4,6 mm x 250 mm x 5,0 µm (Waters, Simmetry C18, Massachusetts, Estados Unidos). Para los azúcares se utilizó un cromatograma estándar para identificar glucosa, sacarosa y fructosa, y en el caso de los ácidos orgánicos, uno para identificar el ácido tartárico, málico, cítrico, ascórbico y succínico. Finalmente, todos estos se identificaron comparando su tiempo de retención con su respectivo estándar. Los datos fueron analizados con el programa Chrom-pass, (Jasco, Tokio, Japón).

d. Raquis

- **Apariencia.** Se determinó la apariencia de acuerdo al estado de hidratación y de color del escobajo. Para ello se utilizaron las escalas hedónicas presentes en las Figuras 2 y 3.

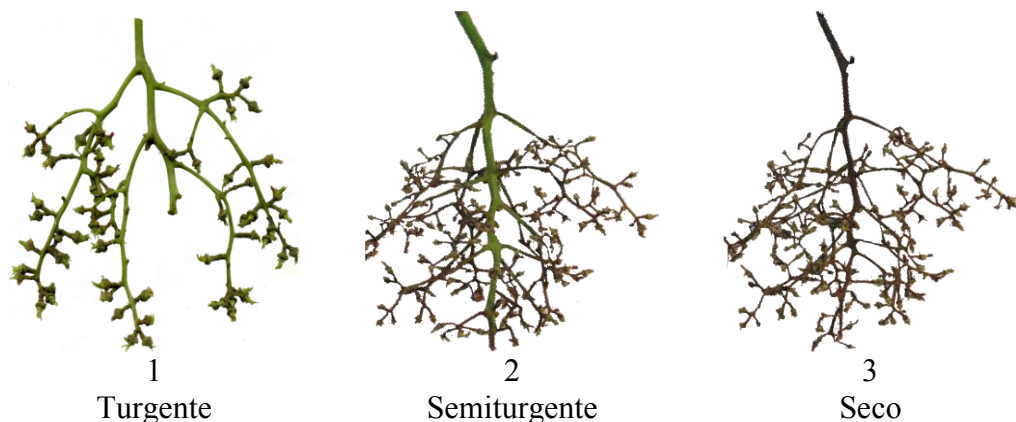


Figura 2. Escala para determinar turgencia del raquis de uva variedad Red Globe utilizado en este ensayo.

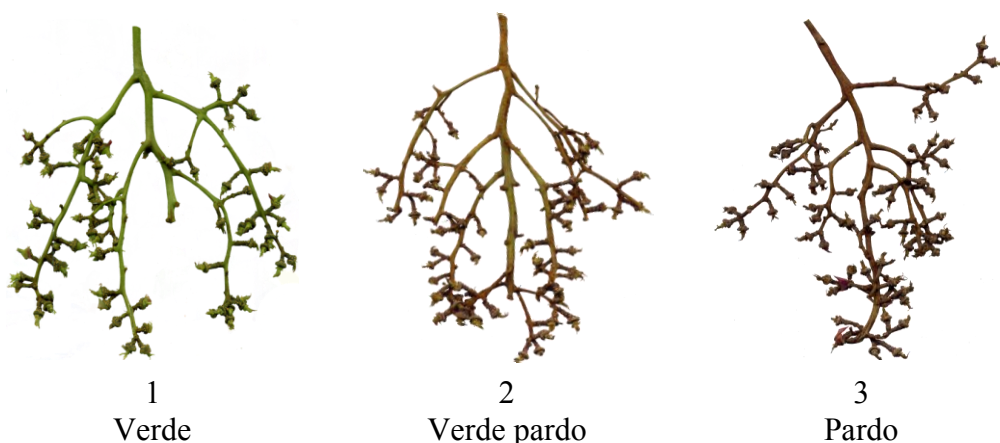


Figura 3. Escala para determinar color del raquis de uva variedad Red Globe utilizado en este ensayo.

Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA). Cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias ($p \leq 0,05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p = 0,05$).

Para las variables expresadas en porcentaje se realizó la transformación angular de Bliss.

Para las variables no paramétricas se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis.

El registro y análisis de datos se realizaron con el software Excel® 2007 y con el software estadístico STATGRAPHIC plus 5.1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Figura 4, durante el desarrollo de las bayas del tratamiento control, el peso de las bayas se vio en constante aumento desde que comenzaron las evaluaciones, no ajustándose al crecimiento doble sigmoideo común descrito para esta especie (Davies y Robinson, 1996; Gil y Pszczolkowski, 2007). Los sólidos solubles incrementaron rápidamente desde la 9 SDPF, mientras que la acidez titulable y la firmeza de las bayas disminuyeron de manera drástica. El cambio de color de los racimos comenzó a ser notorio en la 10 SDPF. Según estos resultados, se pudo definir que el momento de pinta ocurrió entre 9 y 10 semanas después de floración, en las bayas de variedad Red Globe, para el sector estudiado (Figura 4).

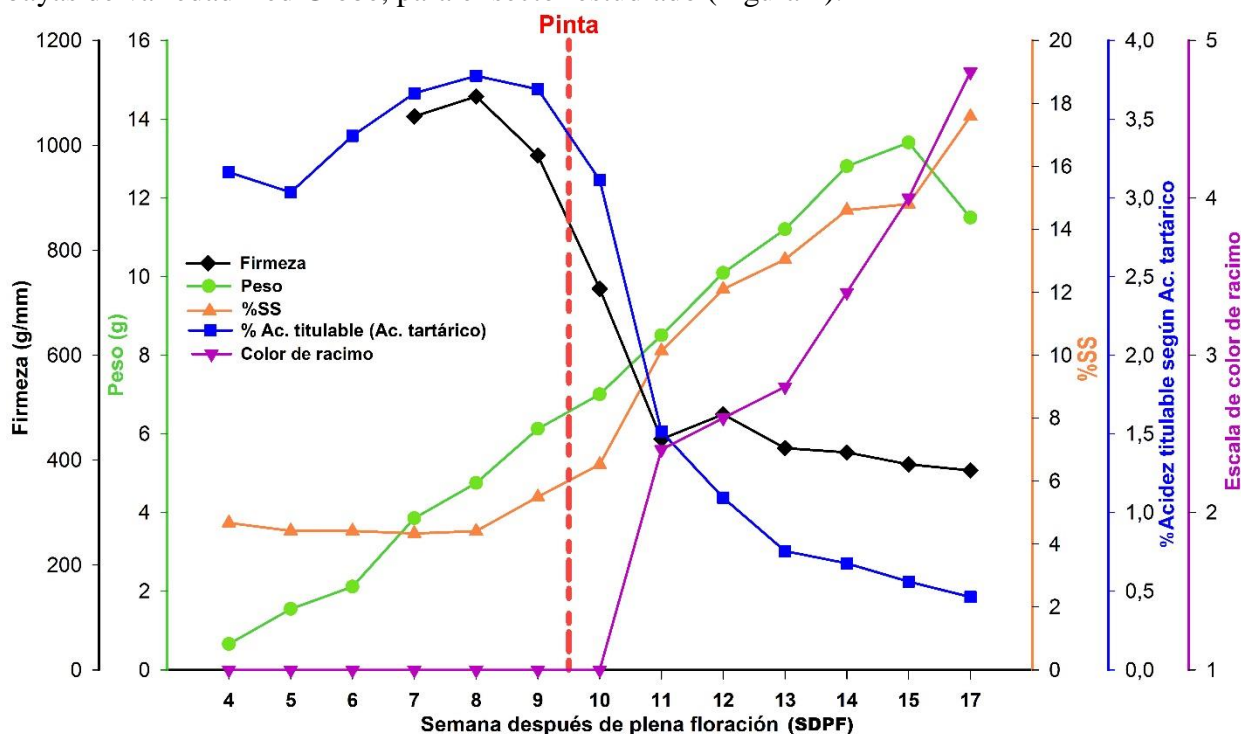


Figura 4. Evolución de distintas variables durante el desarrollo de baya de la uva variedad Red Globe, en el tratamiento control. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones.

VARIABLES EVALUADAS

a. Ambientales

- Temperatura y humedad relativa

La evolución de temperatura y humedad relativa (mínimas, máximas y promedios), durante todo el período de estudio se presentan en las Figuras 5 y 6 respectivamente. Las mediciones ambientales obtenidas muestran que durante las semanas previas a pinta, la temperatura promedio fue de 20,6 °C, en donde la mínima y máxima promedio fueron de 9,7 y 32,4 °C, la humedad relativa promedio fue de 53,2%, con una mínima y máxima promedio de 20,3% y 86,5%. En el momento de pinta, donde se encuentra el inicio de la maduración de la baya de uva (9 SDPF), hubo una temperatura promedio de 21,3 °C, con una mínima y máxima promedio de 10,2 y 31,3

°C respectivamente y una humedad relativa promedio de 55,8%, con mínima y máxima promedio de 25,9 y 86,9% en cada caso. Finalmente, en las semanas posteriores a pinta hubo una temperatura promedio de 20,8 °C, con mínima y máxima promedio de 11,3 y 30,4 °C para cada uno, y una humedad relativa promedio de 60,6%, presentando una mínima y máxima promedio de 27,0 y 86,1% respectivamente.

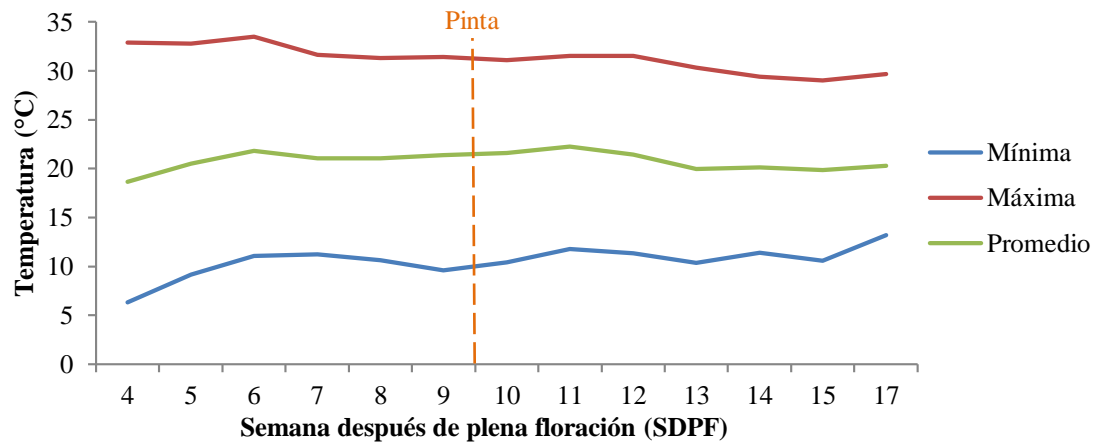


Figura 5. Temperatura mínima, máxima y promedio semanal, durante el desarrollo de bayas de uva variedad Red Globe tratadas con diferentes fitorreguladores en pinta.

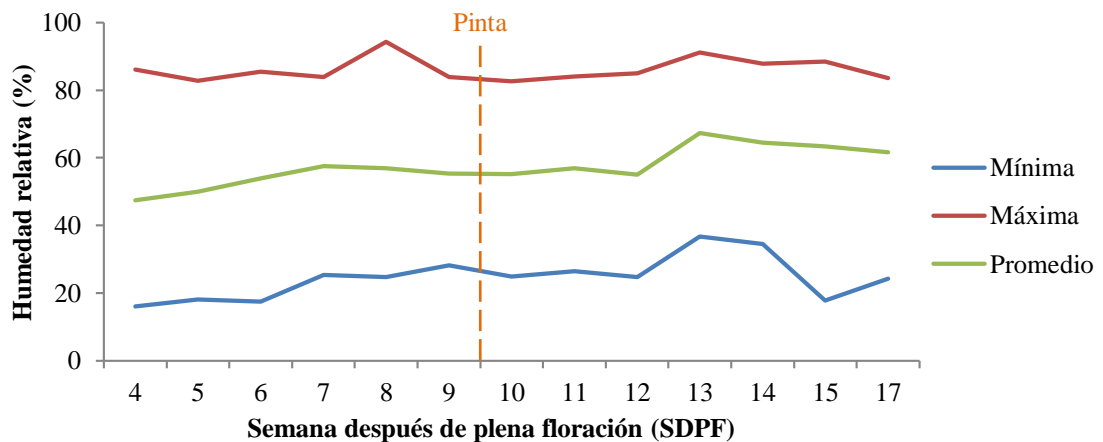


Figura 6. Humedad relativa mínima, máxima y promedio semanal, durante el desarrollo de bayas de uva variedad Red Globe tratadas con diferentes fitorreguladores en pinta.

Es importante destacar que el color de las bayas depende de la acumulación de antocianinas. La biosíntesis y finalmente la acumulación de estos pigmentos, son influenciadas por diversos factores, principalmente la temperatura (Human, 2010). Su producción es sensible a diferentes condiciones de temperatura, pudiendo éstas aumentar o disminuir su síntesis, y más aún provocar la degradación de estos flavonoides. Por lo tanto altas temperaturas serían la principal razón de falta de color en la fruta (Spayd *et al.*, 2002; Del Valle *et al.*, 2005; Human, 2010). Iland (1989), citado por Human (2010), afirmó que la temperatura ideal para la síntesis de antocianinas está entre 17 y 23°C, y sobre esta última se produce su degradación. Además destacó que el momento más sensible para el desarrollo de color es 1 a 3

semanas después de pinta. Kliewer y Lider (1970), y Kliewer y Torres (1972), ambos citados por Fitzgerald y Patterson (1994), indican que temperaturas diurnas de 32,7 a 35°C y una diferencia mayor a 10°C entre el día y la noche inhiben la formación de antocianinas. Al relacionar estos antecedentes con las condiciones de temperatura dominantes en el lugar del ensayo, se puede afirmar que el retraso en la toma de color de los racimos se debe a la degradación de antocianinas o a su inhibición, ya que en gran parte del día las temperaturas superaron los 23°C, llegando a máximas de 30,4°C en el mes de enero, momento en el cual se produjo la pinta (Figura 7). La diferencia de temperatura promedio entre el día y la noche fue de 6,7°C durante el desarrollo de las bayas, lo que no sería limitante para la formación de antocianinas y finalmente para el desarrollo del color de las bayas (Figura 8).

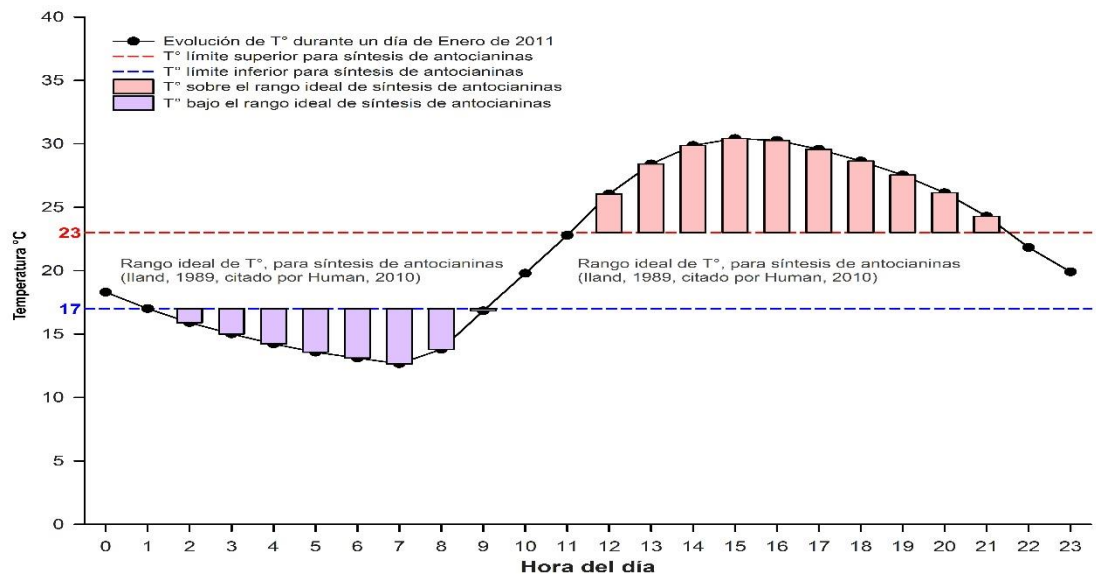


Figura 7. Evolución de la temperatura (T°) durante un día promedio de enero, momento en el que ocurre el inicio de la maduración en uva variedad Red Globe tratados con distintos fitoreguladores.

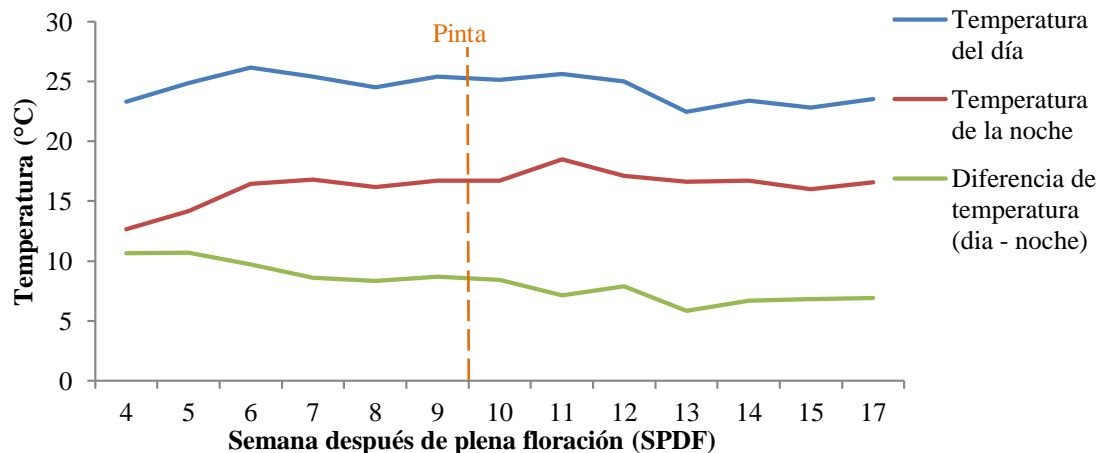


Figura 8. Diferencia de temperatura promedio del día y la noche durante el desarrollo de bayas de uva de la variedad Red Globe tratadas con distintos fitoreguladores en pinta.

b. Fisiológicas

- **Tasa de producción de etileno**

En frutos no climatéricos, como es la baya de uva, la regulación de los procesos de maduración no requiere del etileno. Sin embargo, en ciertas etapas del desarrollo, el etileno endógeno participa de algunos procesos de la maduración de estos frutos (Lelièvre *et al.*, 1997). Abeles *et al.* (1992), indican que en las bayas de uva hay un aumento de etileno en pinta, el cual es más alto que el umbral requerido para activar cambios metabólicos. En efecto, Chervin *et al.* (2004), Dal Ri *et al.* (2010) y Sun *et al.* (2010), en estudios hechos en distintas variedades de uva, observaron un alza en la producción de etileno cercana al momento de pinta, confirmando que esta hormona vegetal estaría involucrada en el proceso de maduración de esta especie. Sin embargo, en los resultados obtenidos en este ensayo, en bayas del tratamiento control no se observó un alza en la producción de etileno durante su desarrollo (Figura 9). Esto se puede explicar debido a la metodología utilizada en este trabajo, que difiere a la utilizada por Chervin *et al.* (2004), quienes para obtener la TPE de la variedad ‘Cabernet Sauvignon’ encerraron el racimo completo (bayas y escobajo), aumentando los niveles producidos de etileno debido probablemente al aporte provocado por la parte vegetal de la muestra. Hay que destacar que los niveles de etileno producidos por esta especie son muy bajos, dificultando su detección con los instrumentos utilizados. Además, hay que considerar la alta heterogeneidad existente entre bayas de un mismo racimo.

En relación a los tratamientos que modificaron la acción del etileno, el 2-CEPA produjo un aumento considerablemente significativo de la TPE, donde los más altos valores se encontraron 1 semana antes de pinta, correspondiente a 8 SDPF (Figura 9). Estos resultados coinciden con los observados por Dal Ri *et al.* (2010) y Sun *et al.* (2010), quienes confirmaron que el 2-CEPA estimularía la producción de etileno, provocando un incremento cuatro veces mayor que las bayas control. Por otro lado, el 1-MCP mantuvo durante todo el desarrollo de las bayas una baja TPE. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas con las bayas del tratamiento control (Figura 9), algo similar a lo descrito por Dal Ri *et al.* (2010). En contraste con estos resultados, Sun *et al.* (2010) al aplicar 1-MCP más NiCl₂ obtuvieron la inhibición de la producción y percepción del etileno. Vale decir, se buscó con el 1-MCP bloquear los receptores de etileno para inhibir su señalización, y con el NiCl₂ suprimir la actividad de la ACO y con ello la síntesis de etileno.

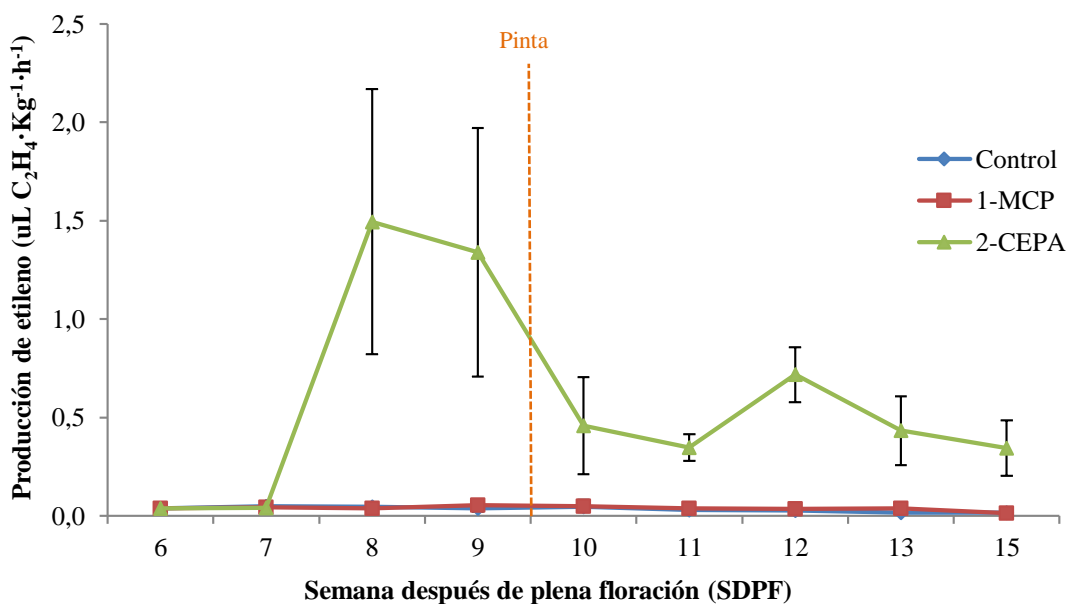


Figura 9. Evolución de la TPE ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) de bayas de uva variedad Red Globe tratadas con diferentes fitoreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones y las barras verticales representan \pm desviación estándar.

- **Expresión del gen 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (*VvACO1*)**

Las características de la biosíntesis de etileno están bien definidas. El etileno es sintetizado a partir de la metionina siguiendo tres pasos fundamentales: primero, la conversión de metionina a S-adenosil-L-metionita (SAM) catalizada por la enzima SAM sintasa, segundo, la formación del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) a partir de SAM vía ACC sintasa (ACS) y tercero, la conversión de ACC a etileno, catalizada por la ACC oxidasa (ACO) (Yang y Hoffman, 1984; Giovannoni, 2004; Barry y Giovannoni, 2007). Los pasos más importantes para la síntesis de etileno son la formación de ACC y su conversión a etileno, los cuales están regulados por las enzimas ACS y ACO respectivamente (Barry y Giovannoni, 2007). Estos pasos son codificados por una familia de multigenes (Lelièvre *et al.* 1997). En frutos climatéricos el más estudiado ha sido el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), de todos los genes de ACS y ACO descritos para esta especie sólo *LeACS1A*, *LeACS4*, *LeACO1*, *LeACO3* y *LeACO4* participan directamente en la maduración del fruto vía etileno (Barry *et al.*, 1996 y Barry *et al.*, 2000). En frutos no climatéricos, como es la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Chandler) Trainotti *et al.* (2005) reportó dos genes de ACO, *FaACO1* y *FaACO2*, de las cuales sólo *FaACO1* tuvo un aumento de la expresión durante la maduración, que fue coincidente con el incremento de la tasa de producción de etileno observado al comienzo de la maduración de este fruto. En el caso de las bayas de uva, Dal Ri *et al.* (2010), identificaron en la variedad Cabernet Sauvignon, ocho y cuatro genes de ACS y ACO respectivamente: de los ACS, *ACS6* mantuvo niveles estables durante todo el desarrollo y maduración de la baya. Sin embargo, *ACS2* y *ACS4* aparecen como los principales responsables del aumento de la producción de etileno justo antes de pinta. Por otro lado, de los ACO identificados sólo el *ACO2* y *ACO4* aumentaron al comienzo de pinta, llegando a su máximo a la 10 SDPF (3 semanas después de pinta).

En relación a lo observado en este ensayo, la evolución de la expresión relativa del gen *VvACO1*, tuvo un aumento marcado cercano a pinta y en las semanas próximas a la cosecha (Figura 10). Ello concuerda con lo observado por Chervin *et al.* (2004) y Dal Ri *et al.* (2010) en bayas de “Cabernet Sauvignon” y por Sun *et al.* (2010) en “Moscatel de Hamburgo”. Además, estos mismos autores señalan que el aumento de la expresión de ACO fue coincidente con el aumento en la producción de etileno observada una semana antes de pinta. Del mismo modo Muñoz-Robredo *et al.* (2013), indicaron que los máximos niveles de transcritores de *VvACO1* en bayas de uva variedad Thompson Seedless concuerdan con el máximo de producción de etileno, que coincidió con la pinta. Caso similar a lo inducido por la aplicación de 2-CEPA en este ensayo. Esto indica que la expresión del gen *VvACO1* serviría como una herramienta complementaria para la detección de la producción de etileno en bayas de uvas y más importante aún, como un indicador del inicio de su maduración o pinta. En cuanto a los tratamientos aplicados, no se encontraron diferencias significativas en la expresión del gen *VvACO1* durante el desarrollo de bayas de la variedad Red Globe y en especial en el momento de pinta (Figura 10). Sin embargo, Sun *et al.* (2010) afirmaron que la aplicación de 1-MCP más NiCl_2 inhibió la expresión de este gen, mientras que la aplicación de 2-CEPA la estimuló.

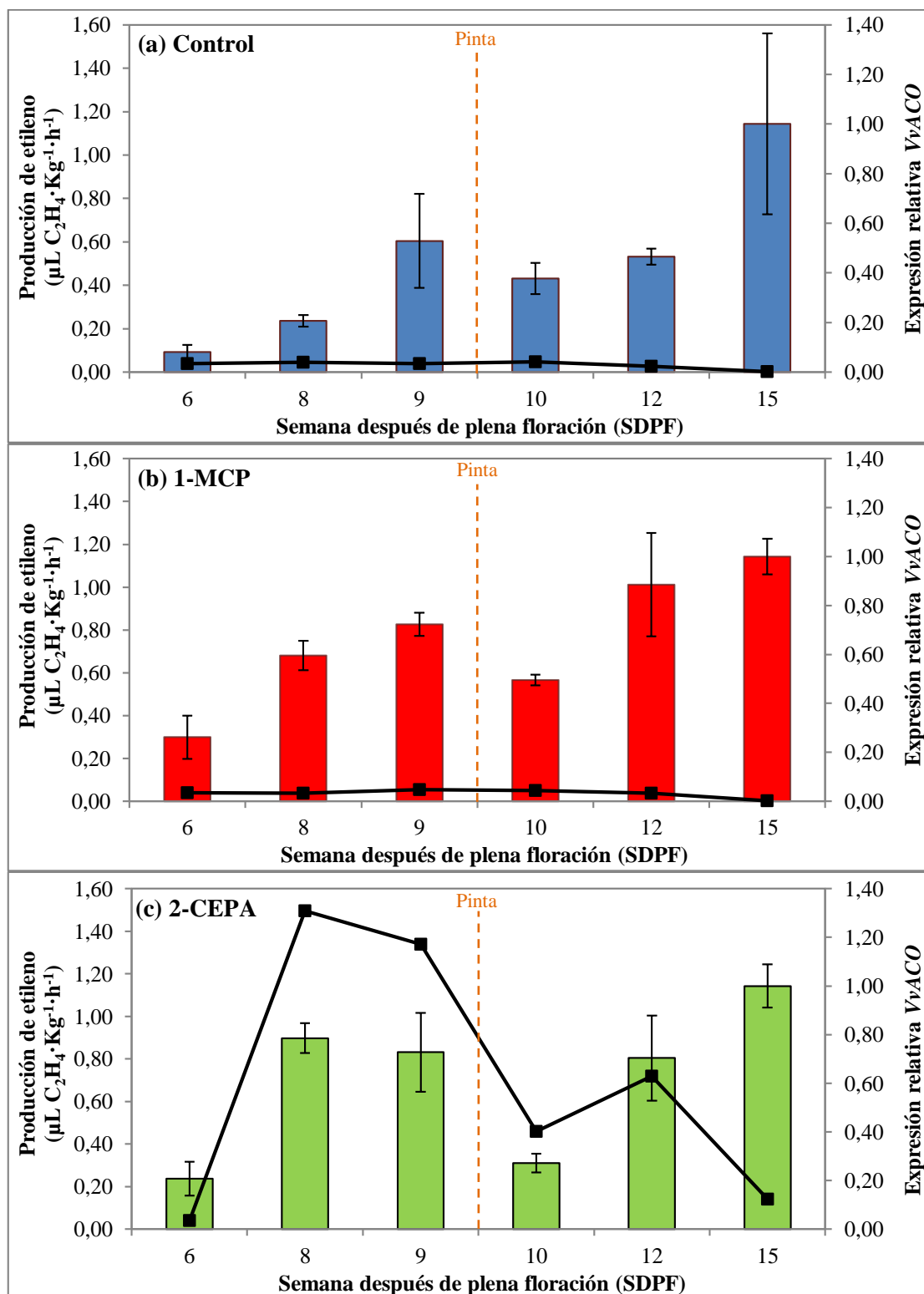


Figura 10. Producción de etileno (línea negra) y expresión relativa del gen *VvACO1* (barras) en bayas de uva variedad Red Globe tratadas con diferentes fitorreguladores en pinta, (a) Control; (b) 1-MCP; (c) 2-CEPA.

Finalmente, al no observarse diferencias significativas entre las bayas control y las tratadas con 1-MCP, tanto en la TPE como en la expresión de *VvACO1*, se puede deducir que no hubo efectividad de la formulación del Harvista™ Technology bajo las condiciones en las que se realizó este ensayo. Posiblemente debido a que: la aplicación no se realizó en el momento oportuno del desarrollo de las bayas; la concentración utilizada fue inadecuada, los racimos tratados estuvieron poco tiempo expuestos al ingrediente activo, el método de aplicación no fue el adecuado o la formulación del producto no permitió una adecuada entrada del ingrediente activo al interior de las células. Sin embargo, Blankenship y Dole (2003) señalan que la efectividad del 1-MCP es dependiente tanto de la especie como de la variedad, lo que explicaría la inefectividad del tratamiento. En contraposición, Chervin *et al.*, (2004) al aplicar de forma gaseosa observó gran efecto del 1-MCP sobre la maduración de bayas de la variedad Cabernet Sauvignon, cuando este producto se mantuvo por 24 horas al momento en que se produjo el aumento endógeno de la producción de etileno.

c. Baya

- **Peso**

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos realizados (Figura 11). Durante las semanas previas a pinta se pudo observar que el peso de las bayas alcanzó aproximadamente 5,7 g. Posterior a pinta, se observó un fuerte incremento en el peso de baya, llegando así a la 15 SDPF a un valor de 13,8 g, el cual fue el peso más alto alcanzado durante el desarrollo de las bayas. Finalmente hasta la 17 SDPF (cosecha), se observó una disminución en el peso de baya, llegando a un valor aproximado de 12,3 g, de igual forma a lo descrito por Davies y Robinson (1996) y Conde *et al.*, (2007). Según estos autores esta baja en el peso de baya se debe a una pérdida de agua por deshidratación. Finalmente, la baya aumentó, aproximadamente, al doble su tamaño entre pinta y cosecha. En contraste con estos resultados, diversos autores señalan que aplicaciones de 1-MCP han inducido un retraso en el incremento del diámetro de bayas por el deterioro de la percepción del etileno, el cual estaría regulando los flujos vasculares asociados con su maduración (Chervin *et al.*, 2004; Mailhac y Chervin, 2006 citado por Conde *et al.*, 2007). Por otro lado Chervin *et al.* (2006), en bayas de uva “Cabernet Sauvignon”, no encontraron diferencias en el tamaño de las bayas tratadas con 1-MCP y las control tal cual a lo ocurrido en este ensayo. Para el caso de aplicaciones de etileno exógeno El-Kereamy *et al.* (2003), observaron que al aplicar 2-CEPA al momento de pinta en uvas “Cabernet Sauvignon” no se produjo diferencias significativas con el tratamiento control. Sin embargo, Ezzahouani (1997) al aplicar una concentración de 480 ppm de 2-CEPA al momento de pinta, observó un significativo incremento en el peso de las bayas de ‘Ruby Seedless’. Así también, Chervin *et al.* (2008), al embolsar racimos y aplicar etileno gaseoso cercano a pinta, obtuvieron un incremento en el diámetro de las bayas en las semanas siguientes a la aplicación.

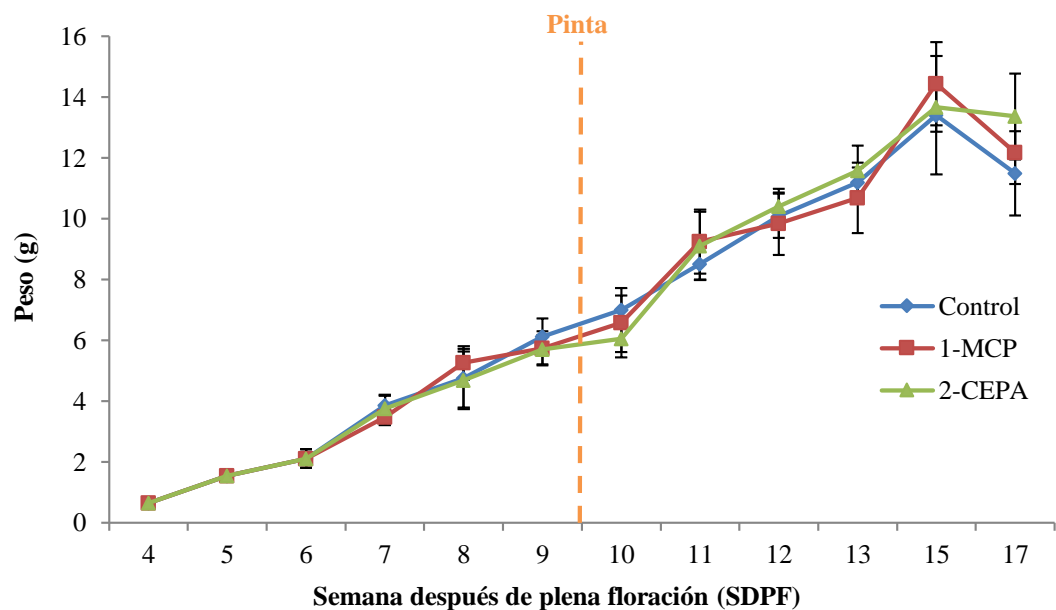


Figura 11. Evolución del peso de baya de uva variedad Red Globe tratados con distintos fitorreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones, las barras de error representan \pm desviación estándar.

- **Materia seca**

La materia seca en las bayas de uva se compone principalmente de glucosa y fructosa, en menor medida del ácido tartárico y ácido málico y con una muy baja participación, polímeros insolubles y aniones inorgánicos (Coombe, 1987 y Coombe, 1992). En este ensayo se pudo observar que durante las semanas antes de pinta, la acumulación de materia seca fue baja llegando a un valor promedio de 7,9% MS, luego desde la 9 SDPF el porcentaje de materia seca aumentó considerablemente llegando a cosecha a un valor promedio de 20% de MS. En relación a los tratamientos realizados no se encontraron diferencias significativas (Figura 12). Por otro lado, como describen Coombe (1987), Coombe (1992) y Sabir *et al.*, (2010) el contenido de la materia seca durante las semanas antes de pinta se debe principalmente al contenido de ácido málico y ácido tartárico, posteriormente desde pinta en adelante el aumento de la materia seca se debe a la acumulación de la glucosa y la fructosa, este comportamiento coincide con la evolución de los ácidos orgánicos y azúcares estudiados en este ensayo.

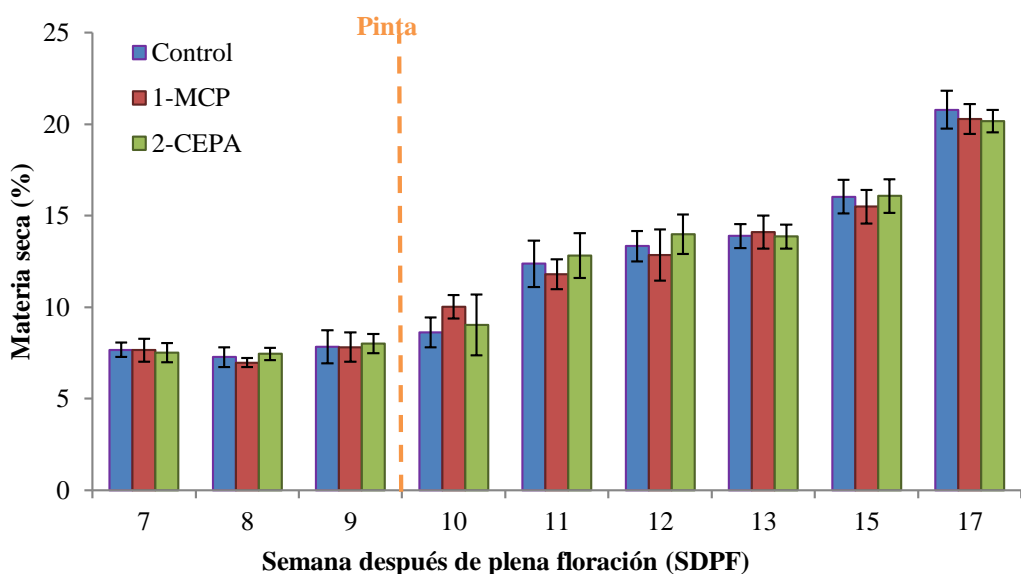


Figura 12. Evolución del porcentaje de materia seca durante el desarrollo de bayas de uva variedad Red Globe hasta cosecha, tratadas con diferentes fitorreguladores en pinça. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones y las barras de error representan \pm desviación estándar.

- Firmeza

Desde las primeras semanas hasta la 9 SDPF, la resistencia a la deformación de la baya se mantuvo sin variaciones significativas. Posteriormente desde pinça en adelante la firmeza disminuyó rápidamente hasta la 11 SDPF, y luego se mantuvo constante hasta cosecha (Figura 13). Al analizar la evolución de la firmeza de las bayas durante su desarrollo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Blankenship y Dole (2003), señalan que el 1-MCP retrasa el ablandamiento de muchos frutos. Sin embargo, existen algunos frutos que no se ven afectados. Por otro lado Peppi *et al.* (2007), afirman que la aplicación de 2-CEPA puede causar el ablandamiento de las bayas, contrario a lo observado en este ensayo.

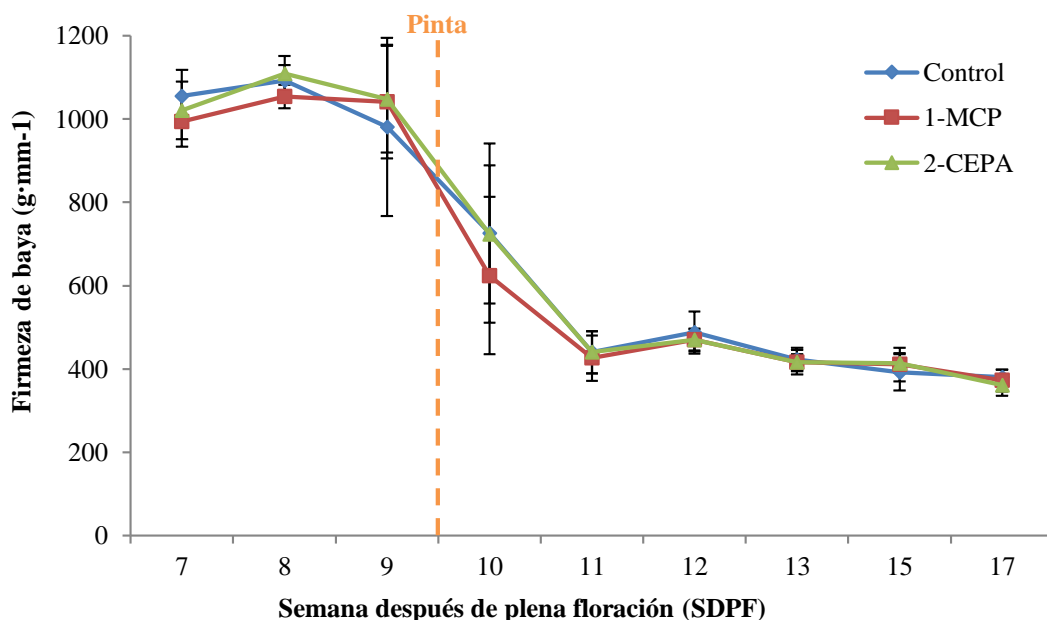


Figura 13. Evolución de la firmeza de baya de uva variedad Red Globe tratada con distintos fitoreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones, las barras de error representan \pm desviación estándar.

- **Color de racimo**

En relación al cambio de color, en los racimos tratados con 2-CEPA las bayas comenzaron a tomar color antes que en los tratados con 1-MCP y control. Estos cambios, comenzaron a ser notorios a la 9 SDPF cercano al momento de pinta. El 50% de racimos con quiebre de color se alcanzó a la 11 SDPF. Por otro lado, los niveles de color producidos en las bayas por el tratamiento con 2-CEPA fueron mayores hasta el momento de cosecha. Sin embargo, estos resultados no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, excepto para la 12 SDPF, situación que no se observó en las posteriores semanas de evaluación, incluyendo la cosecha (Figura 14). Estos resultados fueron opuestos a lo señalado por otros investigadores, quienes confirman que la aplicación de 2-CEPA provoca un significativo incremento en el desarrollo de color comparado con el control, producto de un aumento en la acumulación de antocianinas (Hale *et al.*, 1970; Ezzahouani, 1997; El-Kereamy *et al.*, 2003). También, los resultados obtenidos por el tratamiento con 1-MCP no concordaron con lo descrito en investigaciones anteriores, donde se confirma que este ingrediente activo previene o retrasa tanto la degradación de clorofila, como el cambio de color de diversas especies frutales (Blankenship y Dole, 2003). En el caso de la baya de vid se ha descrito la inhibición de la acumulación de antocianinas en la epidermis de bayas tratadas con 1-MCP (Chervin *et al.*, 2004).

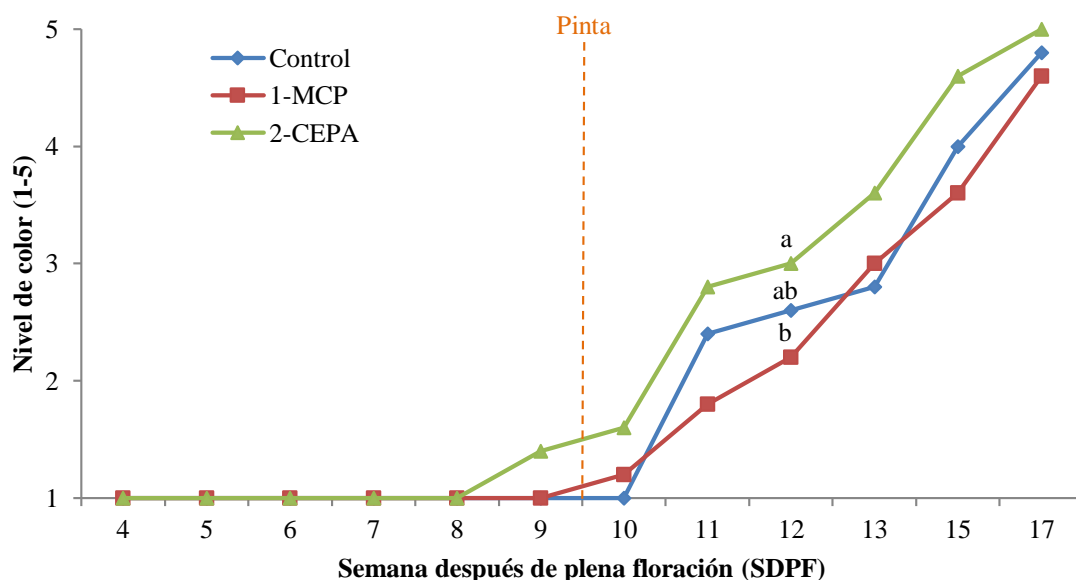


Figura 14. Evolución del color de racimos de uva variedad Red Globe tratados con distintos fitorreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones.

En relación a la distribución de los racimos, en la parra, en los distintos niveles de color, se pudo observar que en la 13 SDPF alrededor de un 65% de los racimos se encontraban en un nivel 3 de color para los tres tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con 2-CEPA provocó un mayor porcentaje de racimos en los niveles 4 y 5 que el resto de los tratamientos, los cuales se concentraron principalmente en los primeros tres niveles (Figura 15a). Para la 15 SDPF se observó que 2-CEPA provocó que cerca de un 50% de los racimos obtuvieran un nivel 4 en la escala de color, mientras que el tratamiento control y 1-MCP concentraron la mayoría de sus racimos en el nivel 3 (Figura 15b). Finalmente a la 17 SDPF correspondiente a cosecha, el tratamiento con 2-CEPA obtuvo un 61,2% de los racimos con nivel 5 de color, mientras que el tratamiento control y 1-MCP concentró alrededor de un 50% de sus racimos en el nivel 4 (Figura 15c). De lo anterior, se observó que el tratamiento con 2-CEPA provocó un adelanto en la toma de color de los racimos y por lo tanto de la cosecha en relación a los racimos testigos y los tratados con 1-MCP. Estos últimos no se diferenciaron entre ellos.

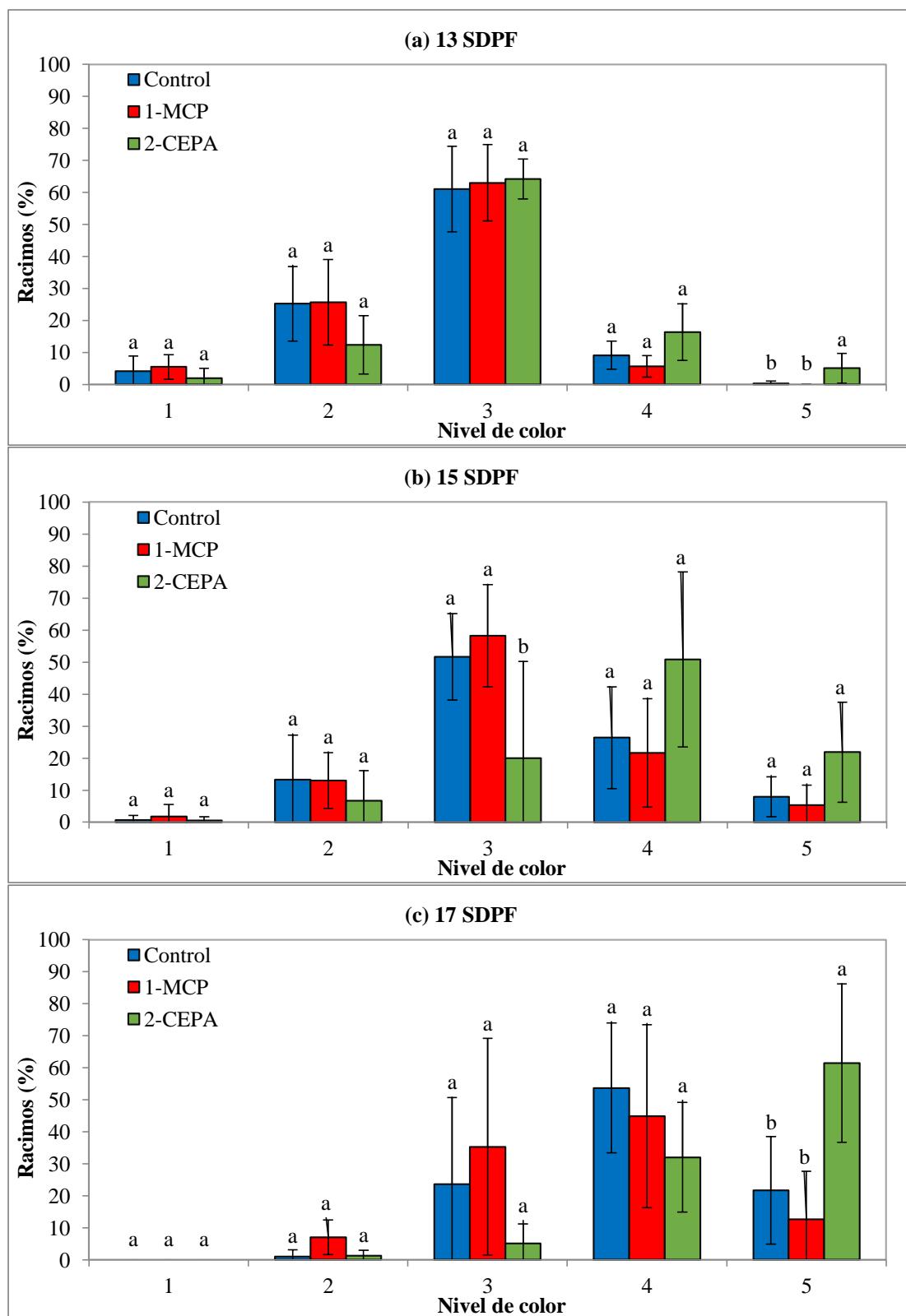


Figura 15. Distribución porcentual de racimos de uva de la variedad Red Globe en la planta según los niveles de color, tratados con distintos fitorreguladores en pintura. (a) Distribución del color de racimo a la 13 SDPF. (b) Distribución del color de racimo a la 15 SDPF. (c) Distribución del color de racimo a la 17 SDPF (cosecha).

- Concentración de sólidos solubles

No hubo diferencias significativas entre las concentraciones de sólidos solubles (%SS) obtenidas en los distintos tratamientos. Resultados similares obtuvieron Dal Ri *et al.* (2010), donde el contenido de azúcar en bayas tratadas tanto con 1-MCP, como con 2-CEPA, no indujeron diferencias significativas comparadas con las no tratadas. Sin embargo, Szyjewicz *et al.* (1984), encontraron un incremento en el %SS en *Vitis vinifera* a través de tratamientos con 2-CEPA. Este aumento también fue obtenido por Ezzahouani (1997), en bayas de la variedad Ruby Seedless aplicadas con el mismo fitorregulador. Como se observa en la Figura 16, en las semanas de desarrollo previas a pinta no hubo aumento de los sólidos solubles, manteniéndose en valores cercanos a 4,5%, posterior a la pinta comenzó un incremento muy marcado desde 5,6% hasta 17,6% de sólidos solubles a cosecha. Finalmente, los tratamientos realizados no produjeron ni un adelanto, ni un retraso en la acumulación de los sólidos solubles, por lo que este parámetro no fue una limitante para realizar la cosecha.

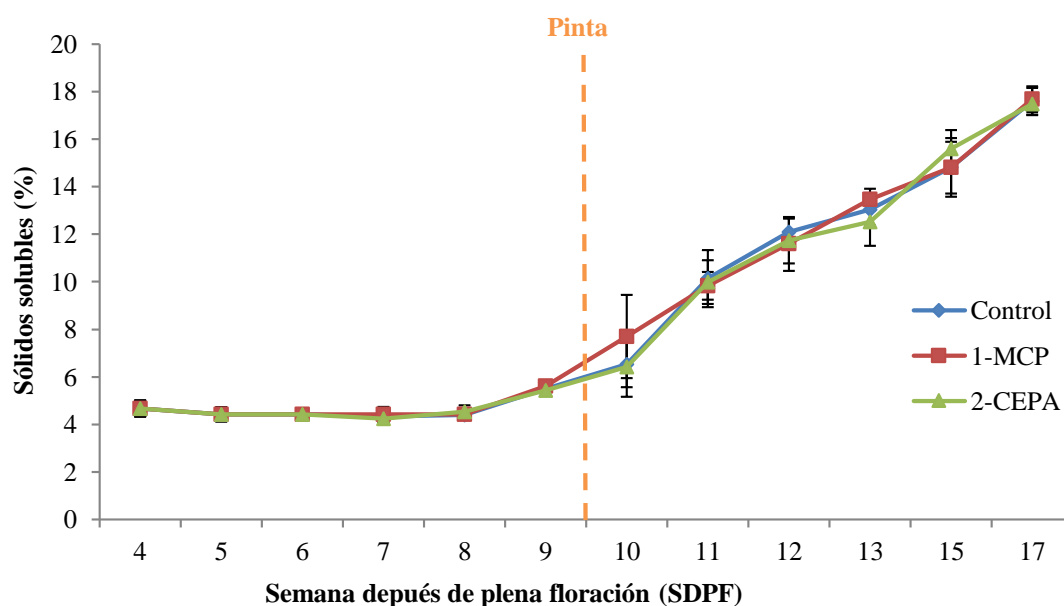


Figura 16. Evolución de los sólidos solubles (%) en uva variedad Red Globe tratada con distintos fitorreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones, las barras de error representan \pm desviación estándar.

- Acidez titulable

Los resultados obtenidos, al medir el porcentaje de acidez en relación al ácido tartárico, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Como se observa en la Figura 17, se destaca la presencia de tres frases en la evolución de la acidez. La primera que coincidió con las semanas previo a pinta, se caracterizó por mantener una acidez que fue aumentando con una tasa muy baja, llegando a acumular un valor promedio de 3,8% en el momento de pinta. En la segunda, que duró desde la 9 SDPF hasta la 13 SDPF, se observó una rápida caída de la acidez llegando a un 0,76% promedio. Finalmente desde ahí hasta cosecha (17 SDPF), nuevamente la acidez se mantuvo sin variación, llegando a un valor promedio de 0,45%. En investigaciones anteriores, se indica que las aplicaciones de 2-CEPA producen una disminución en la acidez titulable (Ezzahouani, 1997). Muñoz-Robredo *et al.* (2013),

indican que la acidez titulable muestra un patrón dependiente de etileno, es así como en bayas de uva “Thompson Seedless” tratadas con 2-CEPA cercano a pinta, tuvieron una acidez titulable significativamente más baja que las no tratadas desde pinta hasta la 12 SDPF, luego a cosecha no hubo diferencias. Sin embargo, al igual que los resultados obtenidos en este ensayo, Dal Ri *et al.* (2010) indican que la acidez medida en bayas tratadas con 2-CEPA, no tuvo cambios en su evolución. En relación al 1-MCP, se ha observado que las bayas de racimos tratados con este ingrediente activo, tienen un mayor nivel de acidez (Chervin *et al.*, 2004). Por otro lado, al igual que en el caso de 2-CEPA, Dal Ri *et al.* (2010) mencionan que la acidez medida en las bayas tratadas con 1-MCP no tuvo diferencias significativas comparadas con las del tratamiento control. Blankenship y Dole (2003), informaron que el efecto del 1-MCP es variado, ya que en algunos frutos retrasa la pérdida de acidez, pero en otros no provoca efecto alguno.

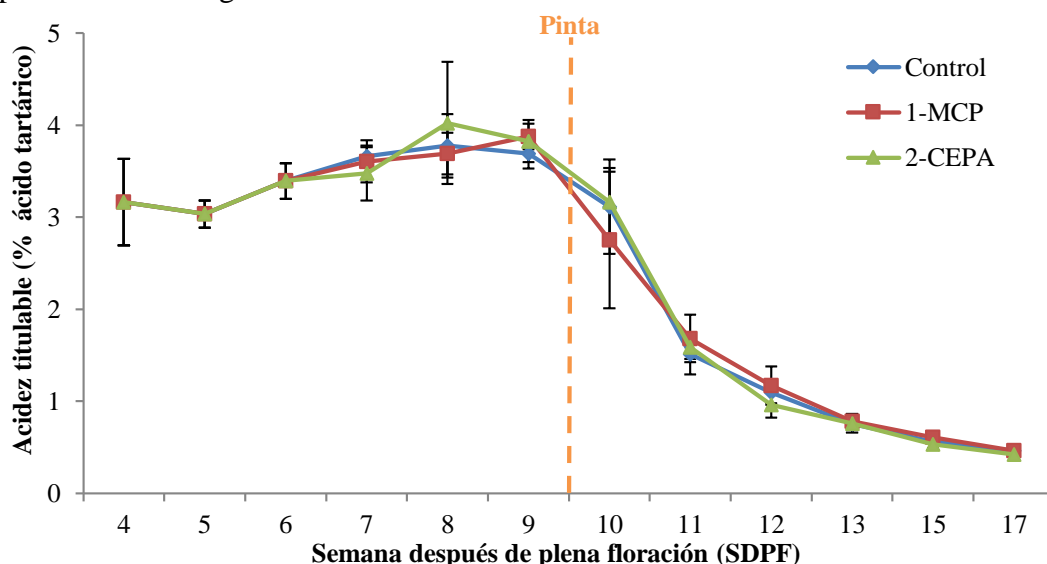


Figura 17. Evolución de la acidez en bayas de uva variedad Red Globe tratadas con distintos fitorreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones y las barras de error representan \pm desviación estándar.

- **Relación sólidos solubles/acidez**

La relación entre el porcentaje de sólidos soluble y la acidez titulable no mostró diferencias significativas entre tratamientos. Durante el período de desarrollo de las bayas, se pudo observar que hasta la 9 SDPF, la relación se mantuvo baja y constante con un valor promedio de 1,4. Posterior al momento de pinta, esta relación comenzó a aumentar rápidamente, coincidente con el aumento de sólidos solubles y disminución de la acidez titulable respectivamente, llegando a un valor promedio de 30,9 (Figura 18). Estos resultados coinciden con Conde *et al.*, (2007), los cuales expresan que rápidos cambios en el balance de azúcar/ácido ocurren al comienzo de la maduración de baya. En contraste a los resultados obtenidos con los tratamientos en este ensayo, Ezzahouani, (1997) determinó que la aplicación de etileno exógeno, al aumentar el contenido de sólidos solubles y disminuir la acidez, produjo una alta relación SS/acidez a principio de la maduración.

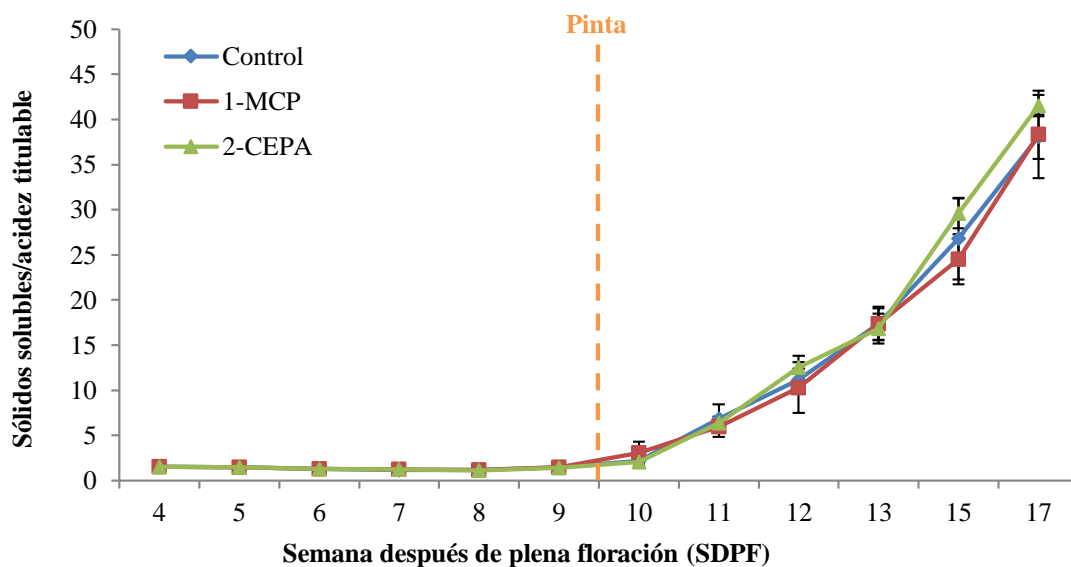


Figura 18. Evolución de la relación sólidos solubles/acidez titulable durante el desarrollo de bayas de uva variedad Red Globe, tratada con diferentes fitorreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones, las barras de error representan \pm desviación estándar.

- Azúcares y ácidos orgánicos

Al analizar la evolución del contenido de azúcar total en bayas de “Red Globe”, se observó que no hubo diferencias entre los tratamientos para las distintas fechas evaluadas, con excepción de la 9 y 10 SDPF. Como se observa en la Figura 19, desde la 4 SDPF hasta la 9 SDPF, el contenido de azúcar tuvo una muy baja tasa de acumulación llegando a un valor promedio de $2,1\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva). Posteriormente desde la 9 SDPF los niveles de azúcar total aumentaron con una alta tasa, llegando a cosecha (17 SDPF) con un valor promedio de $18,5\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva). Estos valores fueron coincidentes a los descritos por Davies y Robinson (1996) en bayas de uva de la variedad Shiraz y Riesling. En relación a las diferencias observadas entre los tratamientos, en la 9 SDPF la aplicación de 1-MCP provocó una disminución de los azúcares totales al compararlo con el tratamiento control y el 2-CEPA, sin embargo estos últimos no se diferenciaron. Posteriormente en la 10 SDPF se observó que el 1-MCP produjo un aumento del azúcar con respecto al control, mientras que el 2-CEPA provocó una considerable baja. A pesar de las diferencias obtenidas entre los tratamientos, estas no se mantuvieron durante el resto del desarrollo de las bayas, ni tampoco al momento de cosecha (17 SDPF).

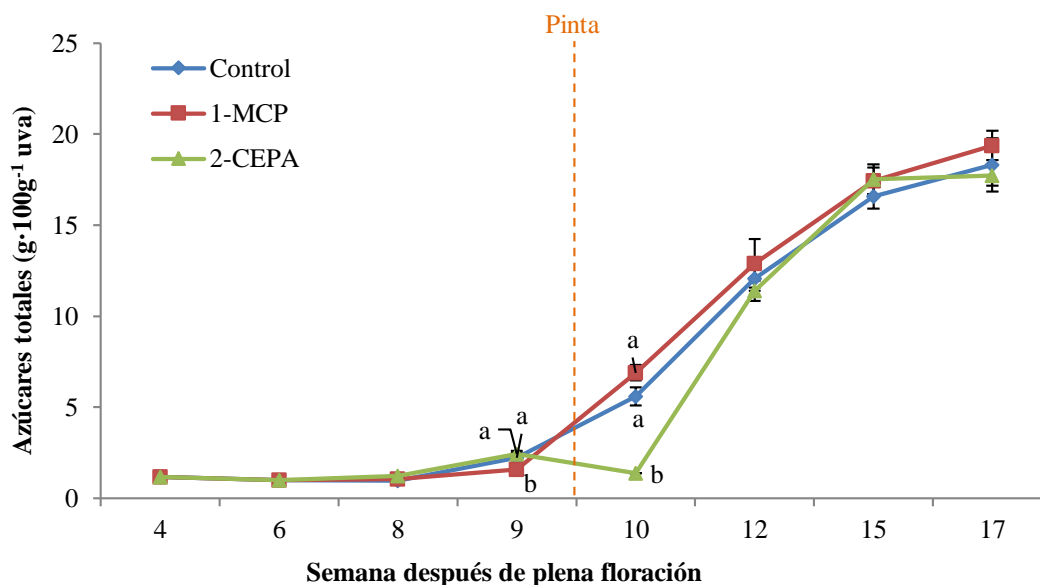


Figura 19. Evolución de los azúcares totales en bayas de uva variedad Red Globe tratada con diferentes fitorreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones y las barras de error representan \pm desviación estándar.

Al analizar la evolución de la glucosa, sacarosa y fructosa junto con el desarrollo de la baya, se observó que fueron en continuo aumento hasta cosecha (Figura 20). Sin embargo, desde la 4 SDPF hasta la 9 SDPF, su concentración aumentó con una tasa muy baja manteniéndose casi constante, la glucosa acumuló $1,6 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva), la sacarosa $0,06 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) y la fructosa $0,42 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva). Luego, desde la 9 SDPF hasta la 15 SDPF esta tasa aumentó provocando la rápida subida de la concentración de azúcares, así la glucosa alcanzó un valor promedio de $9,12 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva), la sacarosa de $0,45 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) y la fructosa de $7,6 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva). Finalmente, desde la 15 SDPF hasta cosecha (17 SDPF), se produjo una baja en la tasa de acumulación de estos azúcares, llegando con un valor promedio final de $8,67 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) de glucosa, $0,47 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) de sacarosa y $8,67 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) de fructosa. Lo anterior, coincide con lo presentado por Davies y Robinson (1996), quienes afirman que la glucosa y la fructosa comienzan a acumularse desde pinta y continúan haciéndolo hasta que la baya está madura. Es importante recalcar que el bajo contenido de sacarosa, se debe principalmente a que esta, luego de ser transportada desde las hojas a las vacuolas de la baya, se hidroliza a glucosa y fructosa (Davies y Robinson, 1996; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). Con respecto a los tratamientos, se observaron diferencias significativas en la evolución de los tres azúcares estudiados. Sin embargo, estas no se mantuvieron hasta cosecha. Tales diferencias encontradas, sólo se observaron entre la 9 SDPF (cerca a pinta) y la 15 SDPF (Figura 20). Para el caso de la glucosa (Figura 20a), en la 9 SDPF el 2-CEPA provocó un aumento de su contenido al compararlo al control y al 1-MCP, estos últimos no se diferenciaron. Pasada la 9 SDPF, las bayas tratadas con 1-MCP mantuvieron mayor contenido de glucosa que las bayas control y las tratadas con 2-CEPA, condición que se mantuvo hasta la 15 SDPF. Para el caso de la sacarosa (Figura 20b), es destacable que las bayas control siempre tuvieron más contenido que las bayas tratadas con 1-MCP y 2-CEPA. En relación a la evolución del contenido de

fructosa (Figura 20c) los tratamientos provocaron diferencias significativas entre la 9 y 10 SDPF, en la 9 SDPF las bayas control tuvieron mayor contenido que las tratadas con 2-CEPA y estas últimas, mayor contenido que las tratadas con 1-MCP, para la 10 SDPF el tratamiento con 2-CEPA provocó menor contenido de fructosa en la baya que los otros tratamientos, los cuales se comportaron de manera similar. En un estudio realizado por Chervin *et al.* (2006), encontraron que el 1-MCP aplicado cercano a pinta redujo el contenido de sacarosa en bayas de uva “Cabernet Sauvignon”, posiblemente al afectar su acumulación y transporte, o al estimular la conversión de sacarosa a glucosa y fructosa, esta última situación explicaría el porqué del efecto de 1-MCP, en la evolución de glucosa (Figura 20).

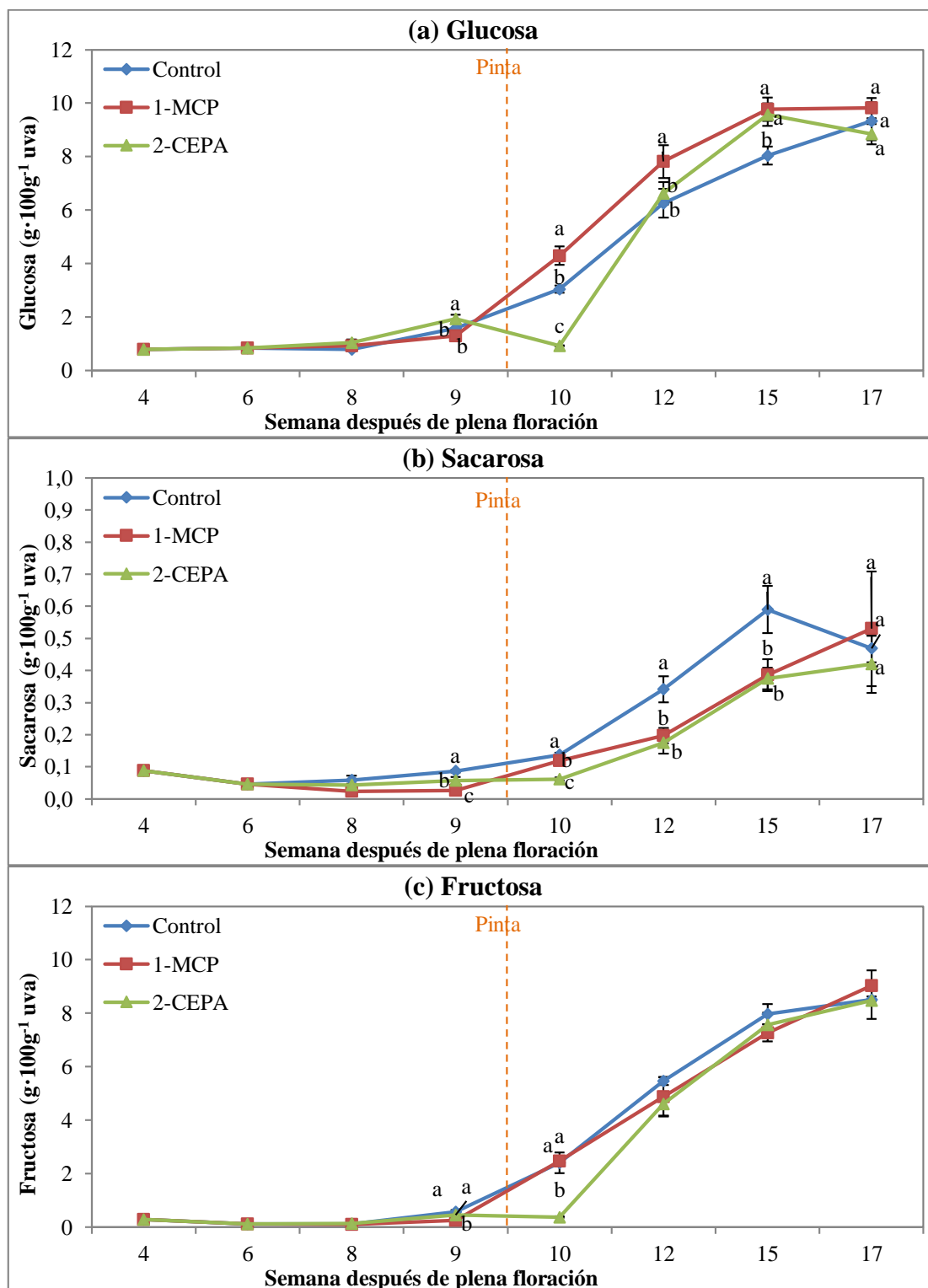


Figura 20. Evolución de la (a) glucosa, (b) sacarosa y (c) fructosa durante el desarrollo de la baya de uva de la variedad Red Globe tratada con diferentes fitoreguladores en pinja. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones y las barras de error representan \pm desviación estándar.

Con respecto a los ácidos orgánicos totales, correspondiente a la suma de los cinco ácidos analizados, se pudo observar que los tratamientos realizados no produjeron diferencias significativas en el desarrollo de estos durante la maduración de las bayas. En la Figura 21 se puede observar que durante el período entre 4 y 9 SDPF se produjo un aumento paulatino de los ácidos orgánicos totales, llegando a acumular en promedio $4 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) como máximo. Luego, desde 9 SDPF hasta 15 SDPF se pudo observar una rápida caída de los ácidos orgánicos totales llegando a unos $1 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva) en valor promedio, desde ahí, hasta la 17 SDPF no hubo cambios considerables, manteniéndose los valores, por lo que se puede afirmar que el nivel total de ácidos decrece a medida que las bayas van madurando, tal como expresan Lamikanra *et al.* (1995) en investigaciones con otras variedades de uva. Finalmente, estos resultados nuevamente se ajustan a lo expuesto por Dal Ri *et al.* (2010), los cuales no obtuvieron diferencias en la acidez de las bayas al aplicar 1-MCP y 2-CEPA.

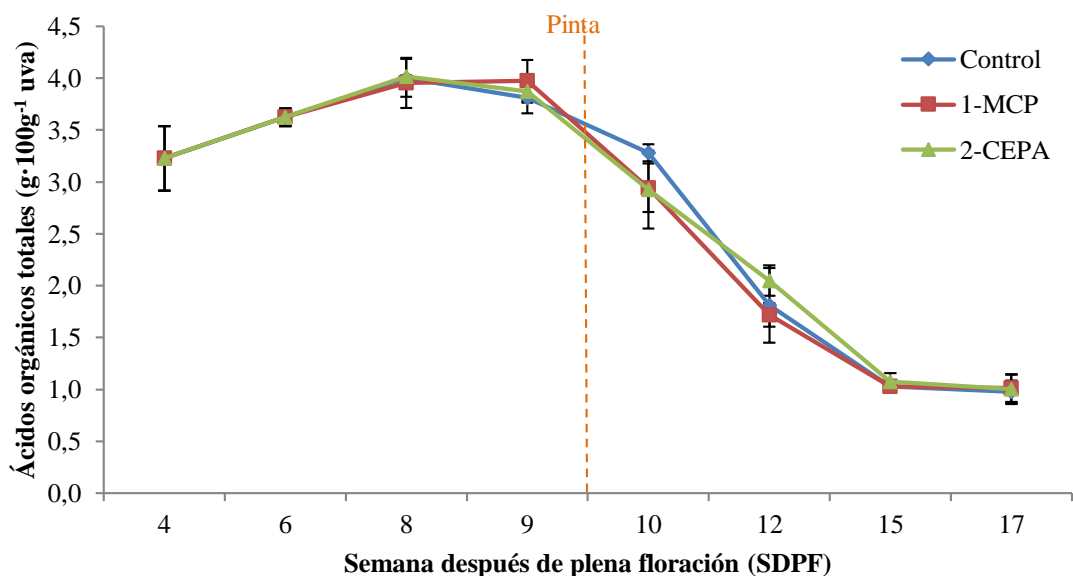


Figura 21. Evolución de los ácidos orgánicos totales durante el desarrollo de la baya de uva variedad Red Globe, tratada con diferentes fitoreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones y las barras de error representan \pm desviación estándar.

De los cinco ácidos estudiados, los que se encontraron en mayor contenido en bayas de 'Red Globe', fueron ácido málico y tartárico, mientras que el resto, cítrico, ascórbico y succínico, se detectaron con niveles muy bajos de concentración. La suma del ácido málico y tartárico llegó a un promedio de 94% del total de los ácidos analizados. Resultados similares obtuvieron otros autores (Kliwer, 1966; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Lizana, 1983). El resto de los otros ácidos no superó el 6%, indicando que estarían en menor cantidad, tal cual como fue descrito por Conde *et al.* (2007).

Con respecto a la evolución de los ácidos orgánicos que se encontraron en mayor concentración (ácido tartárico, ácido málico) y al efecto provocado por los distintos tratamientos (Figura 23 y 24), se puede decir que el ácido tartárico, a medida que se desarrolló la baya, se mantuvo con valores similares, alrededor de $1,7 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva)

hasta el momento definido como pinta (9-10 SDPF). De ahí en adelante comenzó a decaer su contenido hasta la 15 SDPF llegando a un valor de $0,7 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva), el cual se mantuvo hasta cosecha (Figura 23a). Esta evolución, coincide con lo observado por Lamikanra *et al.* (1995) y Ribéreau-Gayon *et al.*, (2006), quienes afirman que durante el desarrollo de las bayas, se espera que el ácido tartárico aumente hasta pinta y luego su concentración disminuya con la maduración de estas. Por otro lado, el ácido málico se mantuvo en constante aumento desde la 4 SDPF hasta la 8 SDPF, donde alcanzó la máxima concentración con un valor promedio entre los tratamientos de $2,4 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva), luego este valor se mantuvo sin variaciones hasta la 9 SDPF, desde ese momento y hasta la 15 SDPF la concentración disminuyó de forma rápida y constante, llegando a un valor de $0,3 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (uva), el cual se mantuvo hasta cosecha (Figura 23b). Conde *et al.* (2007) y Lamikanra *et al.* (1995), señalan que los niveles de este ácido varían considerablemente con el desarrollo de la baya y su madurez, y que este se acumula hasta el final de la primera fase de crecimiento, llegando a su máximo valor de concentración justo antes de pinta, luego comienza a disminuir a inicios de la maduración, lo que coincide con lo observado en este ensayo. Con respecto al efecto de los distintos tratamientos aplicados en la evolución de estos ácidos orgánicos, se observó que en algunos casos hubo diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, en la mayoría de las semanas de evaluación e incluso a cosecha, no hubo diferencias significativas. Es así como en la 9 SDPF las bayas del tratamiento control tuvieron valores significativamente más bajos de ácido tartárico que las bayas tratadas con 1-MCP y 2-CEPA. Estas últimas no se diferenciaron entre ellas. En la 12 SDPF el tratamiento con 2-CEPA provocó concentraciones significativamente más altas de este ácido que el 1-MCP, pero similar al control, en cambio el 1-MCP no se diferenció del tratamiento control. En relación al ácido málico, se observó que los tratamientos que modifican al etileno no provocaron cambios significativos al control. A pesar de esto, en la 9 SDPF las bayas aplicadas con 2-CEPA acumularon menos ácido málico que las control, mientras que las tratadas con 1-MCP acumularon un valor similar a las control y a las con 2-CEPA.

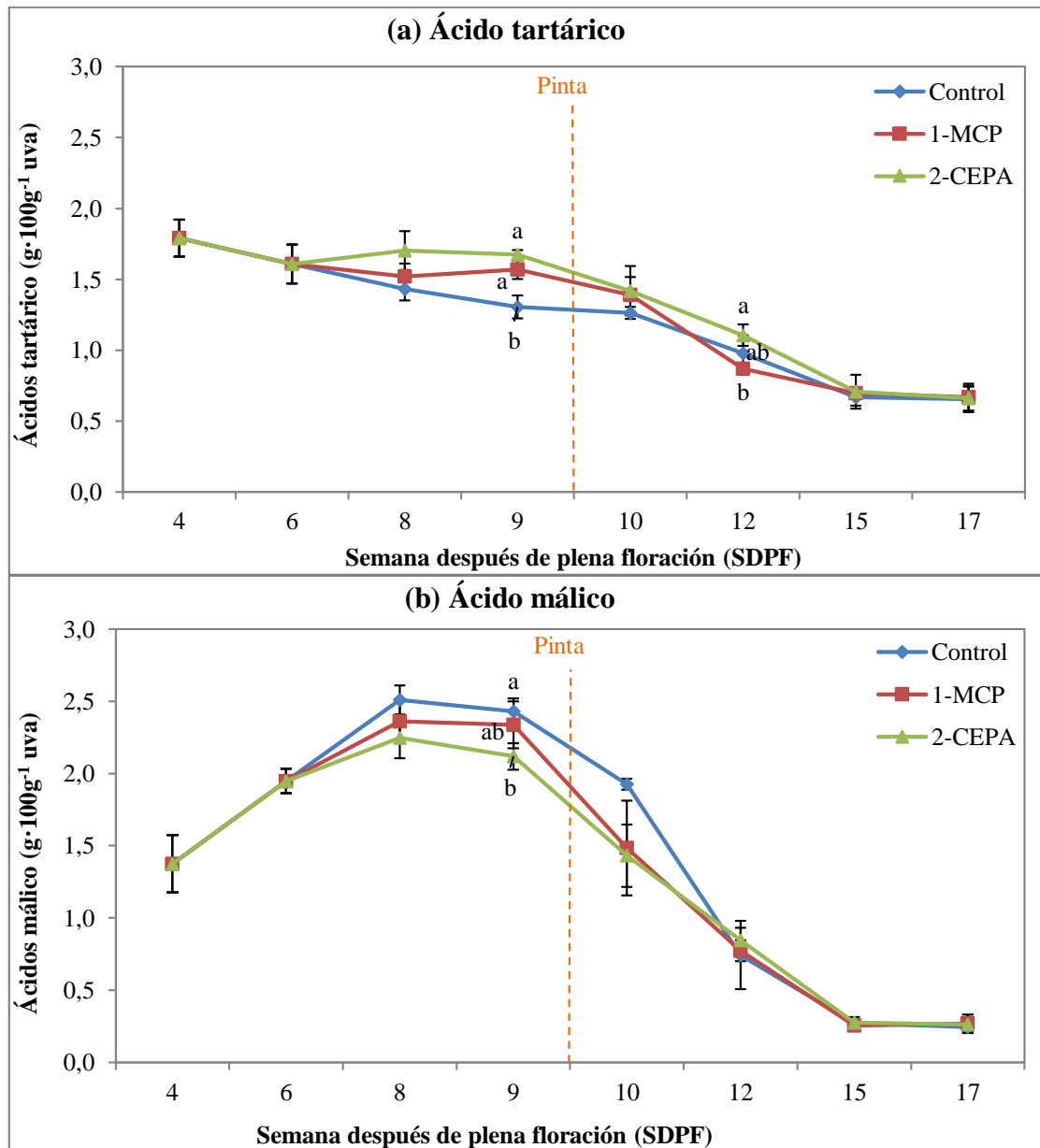


Figura 23. Evolución del (a) ácido tartárico y (b) málico durante el desarrollo de bayas de uva variedad Red Globe tratadas con distintos fitoreguladores en pinta. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones y las barras de error representan \pm desviación estándar.

d. Raquis

- Apariencia

Según lo observado en este ensayo, no hubo ningún efecto de los distintos tratamientos aplicados sobre el color y la turgencia del escobajo. En todos los momentos de evaluación y para los tres tratamientos realizados, sólo se obtuvo racimos turgentes y de color verde.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló este ensayo se puede concluir que:

- El etileno al momento de pinta, no provoca efectos en los atributos relacionados con la calidad de uva de la variedad Red Globe evaluados a cosecha, con excepción de la evolución del color el cual se ve favorecido por la aplicación de etileno exógeno cercano a pinta.
- El 2-CEPA al aumentar los niveles de etileno en bayas, funciona como una eficaz herramienta para adelantar cosecha, en sectores donde el desarrollo de color de las bayas se ve retrasado por las condiciones ambientales dominantes.
- El 1-MCP aplicado cercano a pinta no fue efectivo en la inhibición de la acción de etileno en bayas de uva variedad Red Globe bajo las condiciones de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Abeles, F., P.W. Morgan and M.E. Saltveit. 1992. Ethylene in Plant Biology. 2a ed. San Diego, California, United States of America: Academic Press. 414p.

Barry, C., B. Blume, M. Bouzayen, W. Cooper, A. Hamilton and D. Grierson. 1996. Differential expression of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase gene family of tomato. *The Plant Journal* 9 (4): 523-535.

Barry, C., M.I. Llop-Tous and D. Grierson. 2000. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from System-1 to System-2 ethylene synthesis in tomato. *Plant Physiology* 123: 979-986.

Barry, C. and J. Giovannoni. 2007. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation* 26: 143-159.

Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropane: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.

Campos, R., B. Defilippi y D. Manríquez. 2008. Uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP), un inhibidor de la percepción de etileno aplicado en precosecha y sus efectos en la duración de peras var. Packham's Triumph. *Aconex* 97: 5-7.

Carreño, J. 2004. Técnicas de producción de uva de mesa sin semillas. *Vida Rural* 182: 66-70.

Chervin, C., A. El-Kereamy, J.P. Roustan, A. Latche, J. Lamon and M. Bouzayen. 2004. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Science* 167: 1301-1305.

Chervin, C., N. Terrier, A. Ageorges, F. Ribes and T. Kuapunyakoon. 2006. Influence of ethylene on sucrose accumulation in grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture* 57: 511-513.

Chervin C., A. Tira-umphon, N. Terrier, M. Zouine, D. Severac and J. P. Roustan. 2008. Stimulation of the grape berry expansion by ethylene and effects on related gene transcripts, over the ripening phase. *Physiologia Plantarum* 134: 534-546.

Coombe, B.G. 1987. Distribution of solutes within the developing grape berry in relation to its morphology. *American Journal of Enology and Viticulture* 38(2): 120-127.

Coombe, B.G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *American Journal of Enology and Viticulture* 43(1): 101-110.

Coombe, B.G. and C.R. Hale. 1973. The hormone content of ripening grape berries and the effect of growth substance treatments. *Plant Physiology* 51: 629-634.

- Conde, C., P. Silva, N. Fontes, A. Dias, R. Tavares, M. Sousa, A. Agasse, S. Delrot and H. Gerós. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food* 1: 1-22.
- Dal Ri, A., S. Pilati, R. Velasco, C. Moser, G. Costa and A. Boschetti. 2010. Ethylene production during grape berry development and expression of genes involved in ethylene biosynthesis and response. (*Acta Horticulturae* 884, 73-80 pp.) En: International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production. (11°, 20 al 24 de septiembre de 2009, Bologna, Italia). Proceeding of the Eleventh Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production. Ed. G. Costa. Bologna, Italia: International Society for Horticultural Science. 762p.
- Davies, C and S.P. Robinson. 1996. Sugar accumulation in grape berries. Cloning of two putative vacuolar invertase cDNAs and their expression in grapevine tissues. *Plant Physiology* 111: 275-283.
- Defilippi, B., R. Campos y D. Manríquez. 2007. Uso de 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en precosecha retarda avance de madurez en manzana. *Aconex* 96: 5-8.
- Del Solar, C., D. Depallens, J. A. Soza y P. Vergara. 2001. Efectos de fitoreguladores, citoquininas naturales y sintéticas sobre la calidad y condición en postcosecha de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) Parte II. Crimson Seedless. *Aconex* 72: 5-10.
- Del Valle, G., A. Gonzáles y R. Báez. 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28 (4): 359-368.
- El-Kereamy, A., C. Chervin, J. P. Roustan, V. Cheynier, J. M. Souquet, M. Moutounet, J. Raynal, C. Ford, A. Latché, J. C. Pech and M. Bouzayen. 2003. Exogenous ethylene stimulates the long-term expression of genes related to anthocyanin biosynthesis in grape berries. *Physiologia Plantarum* 119: 175-182.
- Ezzahouani, A. 1997. Effet de l'éthéphon sur le cépage de vigne Ruby seedless. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 17 (4): 227-230.
- Fitzgerald, J. and W.K. Paterson. 1994. Response of 'Reliance' table grapes to canopy management and ethephon application. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119 (5): 893-898.
- Gil, G. y P. Pszczolkowski. 2007. *Viticultura: fundamentos para optimizar producción y calidad*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. 535p.
- Giovannoni, J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell* 16: 170-180.
- Gonzáles-Agüero, M., L. Pavez, F. Ibañez, I. Pacheco, R. Campos-Vargas, L.A. Meisel, A. Orellana, J. Retamales, H. Silva, M. Gonzales and V. Cambiazo. 2008. Identification of woolliness response genes in peach fruit after postharvest treatments. *Journal of Experimental Botany* 59: 1973-1986.

Hale, C.R., B.G. Coombe and J.S. Hawker. 1970. Effects of ethylene and 2-chloroethylphosphonic acid on the ripening of grapes. *Plant Physiology* 45: 620–623.

Human, M. 2010. Effect of shading and ethephon on the anthocyanin composition of ‘Crimson Seedless’ (*Vitis vinifera* L.). Thesis Master of AgriScience. Stellenbosch, South Africa: Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University. 95h.

Ibacache, A. 2009. Temperatura, luminosidad, humedad. Factores ambientales que influyen en los racimos de vides. *Tierra Adentro* 89: 13-15.

Neumann, E.; X. Arcos y J. Galleguillos. 2009. Catastro Vitícola. (Inf. 2007-2008). Instituto Nacional de Estadística. [En línea]. Santiago, Chile: INE. 76 p. Recuperado en: <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_agropecuarias/2009/catastro_viticola_2007_2008_completo.pdf>. Consultado el: 31 de octubre de 2010.

Jayasena, V. and I. Cameron. 2009. The effect of ethephon and clone on physical characteristics and sensory quality of Crimson Seedless table grapes after 1 month storage. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 409-414.

Kader, A. 2007. Biología y Tecnología Postcosecha: un Panorama. (cap. 4, pp. 43-54). En: *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. 3a ed. Oakland, California, USA: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 580p.

Kliewer, W.M. 1966. Sugars and organic acids of *Vitis vinifera*. *Plant Physiology* 41: 923-931.

Lamikanra, O, I. Inyang and S. Leong. 1995. Distribution and effect of grape maturity on organic acid content of Red Muscadine Grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43 (12): 3026-3028.

Lelièvre, J. M., A. Latché, B. Jones, M. Bouzayen and J.C. Pech. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 101: 727-739.

Lizana, A. 1983. Maduración e índices de cosecha en uva de mesa. *Aconex* 5: 13-16.

Muñoz-Robredo, P., O. Gudenschwager, C. Chervin, R. Campos-Vargas, M. Agüero-Gonzales and B.G. Defilippi. 2013. Study on differential expression of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase genes in table grape cv. Thompson Seedless. *Postharvest Biology and Technology* 76 (2013): 163-169.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.odepa.cl/util/Odepa.action>>. Consultado el: 3 de noviembre 2011.

Peppi, M. C., M. W. Fidelibus and N. K. Dokoozlian. 2007. Application timing and concentration of abscisic acid affect the quality of ‘Redglobe’ grapes. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 82 (2): 304-310.

Pérez, A., R. Olías, J. Espada, J. Olías and C. Sanz. 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45 (9): 3545-3549.

Ribéreau-Gayon, P., D. Dubourdieu, B. Donèche and A. Lonvaud. 2006. The grape and its maturation. (cap. 10; pp. 241-297). In: Handbook of Enology Volume 1: The Microbiology of Wine and Vinifications. 2a ed. West Sussex, England: John Wiley & Sons. 497p.

Sabir A., E. Kafkas and S. Tangolar. 2010. Distribution of major sugars, acids and total phenols in juice of five grapevine (*Vitis* spp.) cultivars at different stages of berry development. Spanish Journal of Agricultural Research 8 (2): 425-433.

Sánchez, E. 2004. Reguladores de crecimiento empleados en la fruticultura. Rompecabezas Tecnológico 9 (39): 16-22.

Spayd, S.E., J.M. Tarara, D.L. Mee and J.C. Ferguson. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot Berries. American Journal of Enology and Viticulture 53: 171-182.

Sun, L., M. Zhang, J. Ren, J. Qi, G. Zhang and P. Leng. 2010. Reciprocity between abscisic acid and ethylene at the onset of berry ripening and after harvest. BMC Plant Biology 10: 257.

Szyjewicz, E., N. Rosner and W.M. Kliwer. 1984. Ethephon ((2-Chloroethyl) phosphonic Acid, Ethrel, CEPA) in Viticulture - A Review. American Journal of Enology and Viticulture 35 (3): 117-123.

Tesniere, C., M. Pradal, A. El-Kereamy, L. Torregrosa, P. Chatelet, J.P. Roustan and C. Chervin. 2004. Involvement of ethylene signaling in a non-climacteric fruit: new elements regarding the regulation of ADH expression in grapevine. Journal of Experimental Botany 55 (406): 2235-2240.

Trainotti, L., A. Pavanello and G. Casadoro. 2005. Different ethylene receptors show an increased expression during ripening of strawberries: does such an uncrement imply a role for ethylene in the ripening of these non-climateric fruit?. Journal of Experimental Botany 56 (418): 2037-2046.

Yang, F.Y. and N. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Annual Review of Plant Physiology 35: 155-189.

Yu, Y. and S. Fa Yang. 1980. Biosynthesis of wound ethylene. Plant Physiology 66: 281-285.

Zacarías, L. y M.T. Lafuente. 2000. Etileno, ácido abscísico y otros reguladores del desarrollo. (cap. 22 pp. 361-376). En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (Ed). Fisiología y Bioquímica Vegetal. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana. 581p.