



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**CARACTERIZACIÓN DE LA MADURACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE
VARIEDADES TEMPRANAS DE DURAZNOS CONSERVEROS**
(Prunus persica (L.) Batsch)

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de
Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Frutícola

CATALINA JAVIERA PINTO PALACIOS

Directores de Tesis
GABINO REGINATO MEZA
RODRIGO INFANTE ESPÍNEIRA

Profesores consejeros
KAREN SAGREDO URRA
VÍCTOR ESCALONA CONTRERAS

SANTIAGO - CHILE
2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

CARACTERIZACIÓN DE LA MADURACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE
VARIEDADES TEMPRANAS DE DURAZNOS CONSERVEROS
(*Prunus persica* (L.) Batsch)

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Título Profesional de
Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención
Producción Frutícola

CATALINA JAVIERA PINTO PALACIOS

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de Grado)	Firma
DIRECTORES DE TESIS			
Gabino Reginato Meza Ingeniero Agrónomo, Mg.Sc.	7,0	Aprobado	
Rodrigo Infante Espiñeira Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0	Aprobado	
PROFESORES CONSEJEROS			
Karen Sagredo Urrea Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	7,0	Aprobado	
Víctor Escalona Contreras Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0	Aprobado	

Santiago, Chile
2014

*“El éxito es la capacidad de ir de fracaso en fracaso
sin perder el entusiasmo” (W. Churchill)*

AGRADECIMIENTOS

Después de escalar una montaña muy alta, descubrimos muchas otras montañas por escalar. Cumplí con una de las metas más importantes de mi vida, con la convicción de que he aprendido mucho y quiero seguir aprendiendo.

Primero agradezco a Dios por acompañarme cada día, y a mi familia por el cariño y las enseñanzas; con ellos aprendí que si bien, la vida no es fácil, la perseverancia y constancia barren cualquier adversidad.

A mis directores de tesis, Profesor Gabino Reginato por su ejemplo, dedicación y cariño entregado durante todos estos años, y al Profesor Rodrigo Infante por la confianza, aprecio y apoyo en este y otros desafíos.

Al apoyo y colaboración del Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta, en especial a Karen Mesa, Evelyn Hernández, Mariana Díaz, Paulina Shinya y Loreto Contador.

A mi querido amigo Sergio González, por todas las que pasamos en la realización de esta tesis. En mis recuerdos quedarán los momentos que compartimos, llenos de alegrías, enojos, lágrimas, y sobre todo, amistad.

A mis amigos Javier Pérez, Sara Yanzon, Carla Soto, Carla Morales, Ignacio Guajardo, Alessandro Schenone, Alejandra Allendes, Ana Ríos, Yasna Zuñiga, Oliver Gálvez y Luis Rivera, por el cariño de todos estos años, sin ustedes, la universidad no hubiese sido la mejor etapa de mi vida. Gracias infinitas por todos los momentos juntos.

En general, gracias a todos los que aportaron con sonrisas y consejos durante este largo camino, con cariño para Víctor Beyá, Nicole Navarro, Camilo Riveros, Américo Contreras, Cristian Riquelme y Raúl Talep.

Finalmente, manifiesto mi profundo agradecimiento a la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), entidad que financió mis estudios de postgrado, durante los años académicos 2012 y 2013.

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto INNOVA-CORFO 07CT9-PUT26.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
Productividad potencial.....	2
Crecimiento del fruto	3
Maduración	3
Calidad de fruto.....	5
CAPÍTULO I: PRODUCTIVIDAD POTENCIAL, CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DEL FRUTO DE VARIEDADES TEMPRANAS DE DURAZNOS CONSERVEROS.....	8
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN	10
Hipótesis.....	11
Objetivos	11
MATERIALES Y MÉTODO	12
Ubicación del estudio.....	12
Material	12
Manejo del experimento.....	12
Evaluaciones	13
Densidad floral y porcentaje de cuaje	13
Crecimiento y maduración de frutos	13
Cambios durante la cosecha	13
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS.....	15
Densidad floral y porcentaje de cuaje	15
Crecimiento y maduración de frutos	15
Cambios durante la cosecha	16
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES	20
LITERATURA CITADA.....	21
CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LA MADURACIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO DE DURAZNO CONSERVERO SEGÚN SU POSICIÓN EN EL ÁRBOL	30
RESUMEN.....	30

ABSTRACT	31
INTRODUCCIÓN	32
Hipótesis.....	33
Objetivo.....	33
MATERIALES Y MÉTODO	34
Ubicación del estudio.....	34
Material	34
Tratamientos y diseño experimental	34
Evaluaciones	35
Caracterización del ambiente lumínico.....	36
Análisis estadístico.....	36
RESULTADOS.....	38
Caracterización lumínica.....	47
DISCUSIÓN	49
CONCLUSIONES	52
LITERATURA CITADA.....	53
CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO DE DURAZNOS CONSERVEROS, MEDIANTE EL USO DEL INSTRUMENTO NO DESTRUCTIVO “DA-METER”	58
RESUMEN.....	58
ABSTRACT.....	59
INTRODUCCIÓN	60
Hipótesis.....	61
Objetivo.....	61
MATERIALES Y MÉTODO	62
Ubicación del estudio.....	62
Material	62
Manejo del experimento.....	62
Evaluaciones	63
Relación entre el I_{AD} y variables de madurez	63
Color e I_{AD} de la piel y la pulpa	63
Relación entre el I_{AD} y la Tabla de color ASOEX	63
Análisis estadístico.....	64
RESULTADOS.....	65
Relación I_{AD} y variables de madurez	65

Color e I_{AD} de la piel y la pulpa.....	68
Relación I_{AD} y la Tabla de color ASOEX	71
DISCUSIÓN	72
Relación I_{AD} y variables de madurez	72
Color e I_{AD} de la piel y la pulpa	73
Relación I_{AD} y la Tabla de color ASOEX	74
CONCLUSIONES	75
LITERATURA CITADA.....	76
DISCUSIÓN GENERAL.....	79
CONCLUSIONES GENERALES	81
LITERATURA CITADA.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las unidades bajo ensayo	12
Cuadro 2. Descripción de las unidades bajo ensayo	34
Cuadro 3. Características generales del período de crecimiento del fruto de las variedades Andes, Loadel y Bowen, para las temporadas de estudio.	38
Cuadro 4. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de I_{AD} entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	41
Cuadro 5. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de diámetro (mm) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	42
Cuadro 6. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de peso (g) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	43
Cuadro 7. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de saturación (C^*) y tonalidad (h°) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	45
Cuadro 8. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de la concentración de sólidos solubles (%) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	46
Cuadro 9. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de la firmeza de la pulpa (N) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	47
Cuadro 10. Radiación incidente (PAR_0) y fracción de radiación interceptada (PAR_i) en el árbol y en las secciones inferior y superior, para las variedades Andes, Bowen y Loadel, durante la temporada 2011/2012.	47
Cuadro 11. Descripción de las unidades bajo ensayo.	62
Cuadro 12. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los parámetros de madurez, para tres variedades de duraznos conserveros (Andes, Loadel y Bowen), durante el periodo de precosecha de las temporadas 2010/2012	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Densidad de flores y frutos, y porcentaje de cuaje de las variedades Andes, Toscana, Romana, Loadel, Carson y Bowen, durante la temporada 2011/2012.....	15
Figura 2. Ganancia en peso y pérdida de firmeza en función del día de cosecha para las variedades Andes (A), Toscana (B), Romana (C), Loadel (D), Carson (E) y Bowen (F). ..	17
Figura 3. Evolución del I_{AD} en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Andes, Bowen y Loadel, para las temporadas 2010-2011 (A) y 2011-2012 (B). Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión segmentada entre el I_{AD} y los DDPF. Los parámetros de los modelos fueron estadísticamente significativos $p < 0,05$	39
Figura 4. Análisis de componentes principales para las variables de madurez de frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Loadel y Bowen, a partir del quiebre de color a la cosecha, durante las temporadas 2010/2012.	40
Figura 5. Evolución del I_{AD} en el campo para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	41
Figura 6. Evolución del diámetro ecuatorial (mm) en el campo para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	42
Figura 7. Evolución del peso (g) en el campo, estimado a partir del diámetro ecuatorial, para frutos de la zona inferior y superior del árbol, en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.	43
Figura 8. Evolución de los componentes del color de fondo de la piel, saturación (C^*) y tonalidad (h°), para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	44
Figura 9. Evolución de la concentración de sólidos solubles (%) para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	45
Figura 10. Evolución de la firmeza de la pulpa (N) para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	46
Figura 11. Fracción del PAR_{ni} con respecto a la radiación incidente sobre el huerto (PAR_0) en la sección inferior y superior, evaluada a dos alturas (0,4 m y 1,7 m del suelo), en las variedades Andes, Loadel y Bowen.....	48
Figura 12. Firmeza de la pulpa (N) como función del I_{AD} en las variedades Andes, Loadel y Bowen durante precosecha. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.	66

Figura 13. Tonalidad de la piel (h°) como función del I_{AD} en las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.	67
Figura 14. Saturación de la piel (C^*) como función del I_{AD} en las variedades Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal	67
Figura 15. Evolución de la tonalidad de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Andes, Loadel y Bowen.	68
Figura 16. Tonalidad (h°) de la pulpa como función de la tonalidad de la piel en las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión no lineal segmentada.	69
Figura 17. Evolución del I_{AD} de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Andes, Loadel y Bowen.....	70
Figura 18. I_{AD} de la pulpa como función del I_{AD} de la piel para las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal simple	70
Figura 19. Árbol de clasificación y regresión (CART) de las categorías de la Tabla de color para duraznos y nectarinas ASOEX, en función del I_{AD} en la variedad Andes.	71

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE I.....	24
APÉNDICE II	57

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue conocer la productividad potencial y la maduración de diferentes variedades de duraznos conserveros de cosecha temprana, para permitir a los productores realizar una mejor integración de las prácticas de manejo agronómico y una determinación más precisa de la fecha de cosecha. Para ello, durante las temporadas 2010-2011 y 2011-2012, se evaluó la productividad potencial, la dinámica de crecimiento y maduración y el efecto de la posición del fruto sobre la maduración en las variedades Andes, Toscana, Romana, Loadel, Carson y Bowen. Asimismo, se probó el uso del instrumento portátil DA-meter, que determina el índice de diferencia de absorbancia de la clorofila (I_{AD}) en la piel del fruto, en la búsqueda de mejorar la elección del inicio de la cosecha.

En el transcurso del crecimiento y desarrollo se realizaron evaluaciones del diámetro, el peso, el color de piel y pulpa, el I_{AD} , la firmeza de la pulpa y la concentración de sólidos solubles. Además, se caracterizó el ambiente lumínico y la productividad potencial en función de la densidad floral y porcentaje de cuaje.

Los principales resultados demuestran que los cambios en la maduración se inician aproximadamente 15 a 10 días antes de la cosecha comercial. Al atrasar la cosecha existió una ganancia adicional en peso en algunas variedades tempranas. En términos generales, los frutos de la zona superior del árbol maduraron antes que los frutos de la zona inferior. Sin embargo, la tasa de pérdida de firmeza para una misma variedad no cambia de acuerdo a la posición del fruto y se mantiene relativamente constante durante las temporadas. El I_{AD} medido con el instrumento DA-meter permitió determinar el estado de madurez en duraznos conserveros.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Actualmente, uno de los problemas que deben enfrentar los productores de duraznos conserveros es la concentración de la oferta en los meses de enero y febrero, lo que provoca saturación de la capacidad de las plantas procesadoras. Esto ocurre por la escasez de variedades de calidad y alto potencial productivo que produzcan en períodos de menor disponibilidad de materia prima.

Para lograr aumentos en los retornos del productor deben desarrollarse variedades tempranas y tardías, de buena aptitud industrial, de modo de extender el calendario de cosecha y procesar uniformemente en el tiempo, para reducir la inmovilización de materia prima en cámaras frigoríficas, lo que permite un mejor uso de las instalaciones agroindustriales (Ojer, 2010).

Así, el conocimiento de la productividad potencial y de la maduración de las variedades tempranas, nuevas o existentes, es necesario para realizar las prácticas de manejo agronómico, por variedad, y mejorar la rentabilidad de la producción de duraznos (Byers y Marini, 1994).

Productividad potencial

Según Ojer (2010), el potencial productivo de una variedad, referido como el número de frutos que es capaz de producir, tiene directa vinculación con la densidad floral, el porcentaje de cuaje, la tasa de caídas naturales y el tamaño de frutos.

Las especies frutales de carozo, comúnmente, producen un excesivo número de flores y, por ello, el raleo es fundamental para alcanzar un tamaño adecuado y un alto rendimiento, para así maximizar los ingresos (Coneva y Cline, 2006). En este sentido, la determinación de la densidad floral constituye información relevante a la hora de ajustar la intensidad de poda para disminuir la carga inicial (Marini, 2003), ya que en algunos casos el cuaje es muy similar entre ciertas variedades (Ojer, 2010).

El número de frutos cuajados en el árbol queda definido entre la tercera y la cuarta semana después de plena floración (Ojer, 2010), y depende del número de flores por unidad de longitud de ramilla, de la cantidad de madera frutal y de las condiciones climáticas durante la polinización (Byers y Marini, 1994), en particular la temperatura (Donoso *et al.*, 2007).

Así, el conocimiento y la cuantificación de la respuesta productiva de diferentes variedades y situaciones de producción permitiría optimizar la gestión de distintos manejos en función de los objetivos comerciales, constituyéndose en una herramienta de alta significación práctica (Ojer *et al.*, 2009).

Crecimiento del fruto

Los duraznos presentan un patrón de crecimiento de tipo doble sigmoideo en que se identifican tres fases (Lemus, 1993). La fase I se extiende desde plena flor hasta el inicio de endurecimiento del carozo, y ocurre en un tiempo de 2 a 3 semanas; en esta etapa el fruto crece rápidamente, producto de un intenso proceso de división celular. En la fase II ocurre la lignificación del carozo, donde cesa el desarrollo del mesocarpio (Sellés *et al.*, 1996). Por último, en la fase III termina el endurecimiento del carozo y se acelera el crecimiento del fruto, por efecto de la elongación celular (Lemus, 1993; Sellés *et al.*, 1996); al final de esta etapa, se reduce la tasa de crecimiento que coincide con la transición hacia la maduración (Casierra-Posada *et al.*, 2004).

La duración de cada una de las etapas depende, principalmente, de la variedad y las condiciones climáticas (Day *et al.*, 2008; Reginato *et al.*, 2011). La fase I tiene una duración similar para las diferentes variedades, entre 8 a 9 semanas desde la fecha de plena flor hasta el inicio de endurecimiento de carozo. La fase II tiene una duración de 3 a 9 semanas, dependiendo de la variedad; es más larga en tardías y corta en tempranas. La fase III tiene una longitud que varía en función de la época de cosecha de las variedades (Reginato *et al.*, 2011).

El tiempo total de desarrollo depende de la fecha de floración y del largo del período de desarrollo del fruto, lo cual es regularmente asociado a las temperaturas (Marra *et al.*, 2002). De hecho, existen variaciones en fechas de cosecha de duraznos y nectarinas que confirman la fuerte influencia del clima en la producción. Se ha determinado que la duración del período de crecimiento en duraznos y nectarinas está fuertemente relacionado con las horas grado de crecimiento acumuladas durante los primeros 30 días después de plena flor (GDH30) (Marra *et al.*, 2002; Lopez *et al.*, 2007); el desarrollo del fruto es rápido cuando los valores de GDH30 son altos. Además, DeJong (2005) y Lopez y DeJong (2007) señalan que duraznos con un ciclo más corto, debido a las temperaturas primaverales, pueden presentar reducciones en el tamaño final del fruto. Por lo tanto, la capacidad de predecir una cosecha temprana en la temporada puede incrementar la oportunidad de modificar prácticas de manejo, como el raleo de frutos, para optimizar el tamaño final (Day *et al.*, 2008).

Con respecto a ello, las agroindustrias privilegian frutos cuyos pesos estén comprendidos entre 140 y 190 g, pues obtienen un producto con un número de mitades uniforme, entre 6 y 10 por lata de 820 g (Ojer *et al.*, 2011). Frutos más grandes no son preferidos por la industria, debido a que deben ser descarozados manualmente; es por ello que el raleo es menos severo que en duraznos para fresco (Costa y Vizzoto, 2000).

Maduración

La maduración es un fenómeno programado genéticamente, altamente coordinado e irreversible, que implica una serie de cambios fisiológicos, bioquímicos y organolépticos, los

cuales conducen al desarrollo de una fruta comestible con atributos de calidad deseables (Prasanna *et al.*, 2007). Los principales procesos que definen la maduración del fruto ocurren durante la última parte del desarrollo de fruto e influyen fuertemente en el sabor, potencial de almacenamiento y en la calidad potencial de los duraznos (Crisosto *et al.*, 1995). Muchos de éstos (acumulación de sólidos solubles, textura, color y desarrollo de aroma) tienen un impacto directo en la apariencia, composición y aceptabilidad para el consumidor, mientras otros (evolución de etileno y tasa respiratoria) tienen esencialmente un impacto fisiológico, pues contribuyen indirectamente a la evolución de los parámetros de calidad (Tadiello, 2010).

El durazno es un fruto climactérico, por lo que el inicio de la madurez coincide con un incremento de la actividad respiratoria, acompañada con un alza en la producción de etileno y otras hormonas (Tonutti *et al.*, 1991; Trainotti *et al.*, 2007). El etileno es asociado, principalmente, con cambios en textura y sabor (Fan *et al.*, 2002). De hecho, el ablandamiento es parcialmente controlado por el etileno, y es por ello que las investigaciones actuales están orientadas a controlar la síntesis o acción del etileno, para así aumentar la postcosecha de las frutas (Liguori *et al.*, 2004).

El ablandamiento corresponde a un proceso complejo, que comienza temprano en la maduración (Brummell *et al.*, 2004), e involucra pérdida de la presión de turgor, degradación y cambios fisiológicos en la composición de las membranas, alteraciones en la relación simplasto/apoplasto, degradación de almidón y modificaciones en la estructura de la pared celular (Goulao y Oliveira, 2008). Aunque la contribución relativa de cada evento en la maduración del fruto no está claro aún, cambios en la composición de la pared celular, especialmente la resistencia mecánica y la adhesión célula-célula, son los factores considerados más relevantes (Fischer y Bennett, 1991; Goulao y Oliveira, 2008).

En duraznos, la textura es usualmente clasificada en fundente, o “melting flesh” (MF), y no fundente, o “non-melting-flesh” (NMF). MF son comúnmente los duraznos para consumo en fresco, que presentan una rápida pérdida de la firmeza durante la maduración, mientras que los NMF son utilizados para conservas, porque se ablandan lentamente, permaneciendo firmes aun cuando están completamente maduros (Hayama *et al.*, 2006; Prinsi *et al.*, 2011). Por ello resisten de mejor forma la manipulación, el daño mecánico y las altas temperaturas de procesamiento, manteniendo la integridad del fruto (Ghiani *et al.*, 2011).

Cabe destacar, que la firmeza de la pulpa, definida como “la resistencia a la deformación mediante la aplicación de una fuerza” (Jowitt, 1974), es un índice de calidad muy importante en duraznos (Diezma-Iglesias *et al.*, 2006), utilizado para determinar el estado de madurez (Subedi y Walsh, 2009). Una vez que los frutos alcanzan una coloración uniforme de pulpa, con una intensidad por encima del mínimo exigido, es la firmeza de la pulpa el parámetro que mejor se correlaciona con la calidad del producto final, por lo que su evolución en el árbol se considera un parámetro muy importante para determinar el momento de cosecha (Ojer, 2010). Además, permite predecir los daños mecánicos durante los manejos en cosecha y postcosecha (Valero *et al.*, 2007).

Los pigmentos de la fruta son los responsables del color en la pulpa y en la piel, los que cambian significativamente su composición durante el período de maduración (Benedetti *et*

al., 2008). Los tres pigmentos primarios en el color de los duraznos son clorofilas, antocianinas y carotenoides (Lewallen y Marini, 2003), y su desarrollo está estrechamente asociado con la radiación (Jia *et al.*, 2005). El cambio de pigmentación se debe a los cambios que sufren los cloroplastos (Gapper *et al.*, 2013), en particular la estructura de las granas, que comienzan a desorganizarse, resultando en la formación de cromoplastos. Los cromoplastos no contienen clorofila o pigmentos fotosintéticos, sin embargo, se transforman en el mayor sitio de biosíntesis de carotenoides (Eskin y Hoehn, 2013). Es así como el contenido de clorofila decrece y se incrementa el contenido de carotenoides durante la maduración (Cascales *et al.*, 2005). Las antocianinas son pigmentos solubles en agua que se acumulan en las células epidermales de los frutos; para los duraznos de consumo en fresco el color de cubrimiento, dado por las antocianinas, es un atributo valorado por el consumidor final (Layne *et al.*, 2001), pero es el color de fondo el principal parámetro usado para determinar el momento de cosecha en esta especie (Lewallen y Marini, 2003). En duraznos conserveros, el color de la pulpa es el utilizado por la industria para aprobar o rechazar un lote (Ojer, 2010), existiendo diferencias exclusivamente dadas por el genotipo (Tourjee *et al.*, 1998).

La relación entre la maduración del fruto y el metabolismo del carbono es de gran relevancia, debido al rol de azúcares y ácidos orgánicos en la calidad final del fruto (Borsani *et al.*, 2009). En duraznos conserveros, la concentración de sólidos solubles es un parámetro de calidad que permite ajustar los protocolos de “appertización” y la concentración del almíbar (Ojer, 2010), mientras que los ácidos orgánicos contribuyen de forma importante a la calidad organoléptica, en combinación con los azúcares y componentes aromáticos (Chapman *et al.*, 1991; Kader, 1999), pues la percepción de dulzura se correlaciona tanto con la concentración de sólidos solubles como con la acidez del fruto (Predieri *et al.*, 2006).

Los principales azúcares en el fruto son sacarosa, fructosa, glucosa y sorbitol (Lo Bianco y Rieger, 2002); la sacarosa es el azúcar predominante y contribuye como endulzante, fuente de energía y antioxidante de sabores. Otros azúcares, como glucosa, fructosa y sorbitol, se mantienen en bajas concentraciones. En términos de sabor, fructosa se destaca por poseer mayor capacidad endulzante que la sacarosa y glucosa (Cantín *et al.*, 2009). Los principales ácidos orgánicos en duraznos son el ácido málico y cítrico, los cuales varían su proporción dependiendo de la variedad (Moing *et al.*, 1998; Borsani *et al.*, 2009). Los ácidos orgánicos van en aumento a lo largo del desarrollo de fruto y serán usados como sustratos para la respiración (Etienne *et al.*, 2002).

Calidad de fruto

En duraznos conserveros interesa el rendimiento del proceso industrial, lo que también es función de la calidad del fruto, principalmente del peso, firmeza de la pulpa y concentración de azúcares (Ojer *et al.*, 2009). La calidad de la fruta no puede ser mejorada después de cosecha, sólo mantenida, por lo que es importante entender el rol de los factores previos a la cosecha en el potencial productivo, los cuales a menudo interactúan en complejas vías, dependiendo de las características de la variedad, estado de desarrollo y temporada (Lurie y Crisosto, 2005).

El efecto de la posición del fruto ha sido considerado como un factor importante en la calidad (Crisosto *et al.*, 1997), ya que existe una gran variabilidad dentro del árbol (Forlani *et al.*, 2002); la heterogeneidad de los frutos es asociada principalmente a la interceptación lumínica (Farina *et al.*, 2005). Varios autores han confirmado la estrecha relación entre ella y la distribución de la fruta (Marini *et al.*, 1991; Génard y Baret 1994; He *et al.*, 2008; Dussi *et al.*, 2009). Marini y Marini (1983) reportaron que en la interceptación de la luz influyen el tamaño del árbol, el espacio, la orientación de la hilera, la forma del follaje y el sistema de conducción. Entonces, con una óptima iluminación en todo el volumen de la copa se garantiza que el máximo de fotoasimilados vaya a la fruta, obteniendo frutos de excelente calidad (Ojer *et al.*, 2011). No obstante, en árboles adultos, no siempre una mayor copa corresponde proporcionalmente con una mejor interceptación y distribución de luz, ya que una gran masa foliar produce sombreado entre las hojas y, en consecuencia, disminuye la fotosíntesis (Raffo e Iglesias, 2004) y la tasa de crecimiento de frutos individuales (Dussi *et al.*, 2004). Según Marini *et al.* (1991), en duraznos, el sombreado retrasa la cosecha, incrementa la caída precosecha, reduce la concentración de sólidos solubles y firmeza, y cambia la relación entre firmeza y color de fondo.

La heterogeneidad de la maduración y la calidad es una preocupación para los productores, que buscan obtener un flujo uniforme de materia prima para la industria. La selección de manejos apropiados pueden ayudar a disminuir la variabilidad de la maduración, permitiendo reducir el número de cosechas (Costa y Vizzotto, 2000; Bonora, 2013).

Establecer la fecha óptima de cosecha es otro tema crucial, ya que el potencial de almacenamiento y la calidad están estrechamente relacionadas con la madurez final del fruto (Herold *et al.*, 2006; Ziosi *et al.*, 2008), por lo que se considera como un punto crítico para la producción de duraznos (Pacheco, 2010).

Para determinar el momento óptimo de la cosecha es necesario realizar un seguimiento del fruto en el árbol (Herold *et al.*, 2006) y predecir la madurez de ellos (Zude *et al.*, 2006). Sin embargo, medir el estado de madurez de la fruta en el árbol no es fácil, tomando en cuenta que los procesos metabólicos son afectados por las condiciones ambientales y los sistemas de producción (Zude *et al.*, 2006). En este sentido, la incorporación de métodos objetivos para la determinación de la cosecha y su validación en las condiciones locales de cultivo es de mucha importancia, pues mejoraría la calidad de la materia prima, por una correcta elección del momento de inicio de cosecha, lo que ayudaría a evitar controversias entre el sector productivo y las agroindustrias (Ojer, 2010); lo que mejoraría la competitividad y la rentabilidad del huerto (Lu, 2004). La principal desventaja de la mayoría de las técnicas objetivas para determinar la madurez es que no son prácticas ni fáciles de usar, además, muchas de ellas requieren de la destrucción de las muestras usadas para el análisis. Por eso, actualmente, la predicción del estado de madurez es basada en experiencia práctica o parámetros visuales, como cambios en la firmeza de la pulpa, el color de fondo y el tamaño (Benedetti *et al.*, 2008; Crisosto y Valero, 2008). Sin embargo, las evaluaciones visuales no proporcionan una identificación certera del real estado de madurez de la fruta (Layne *et al.*, 2001; Lewallen y Marini, 2003; Benedetti *et al.*, 2008; Ziosi *et al.*, 2008). Por ello, recientemente, las técnicas ópticas, especialmente la espectroscopía infrarrojo cercano (NIRs), se han utilizado para determinar los parámetros de calidad en la fruta (Lu, 2001; Lu,

2004; Muhua *et al.*, 2007; Cavaco *et al.*, 2008; Lleó *et al.*, 2009). Algunos de estos instrumentos basados en NIRs son portátiles, no destruyen la muestra y hacen posible seguir la evolución de varios de los parámetros de maduración de la fruta en el árbol y durante los estados iniciales de almacenaje en frío (Costa *et al.*, 2002), permitiendo obtener información en tiempo real para una adecuada programación de la cosecha y el almacenamiento oportuno de la fruta (Costa *et al.*, 2006).

Actualmente, la medición con el índice de diferencia de absorbancia (I_{AD}) de la clorofila de la piel del fruto permite determinar de manera no destructiva el estado de madurez; se calcula como $I_{AD} = A_{670} - A_{720}$, cercano al peak de absorbancia de la clorofila-a, donde los valores A son la absorbancia a las longitudes de onda de 670 y 720 nm, respectivamente (Costa *et al.*, 2009). También, el I_{AD} es posible de utilizar para caracterizar los cambios en la maduración de forma no destructiva y práctica en el campo, fundamentándose en que tanto la concentración de clorofila como su absorbancia disminuyen a lo largo del período de desarrollo del fruto (Ziosi *et al.*, 2008). Por lo mismo, varios estudios han validado su uso, reportando altas correlaciones entre el I_{AD} y el nivel de madurez de duraznos (Ziosi *et al.*, 2008), peras (Costa *et al.*, 2009), damascos (Costa *et al.*, 2010) y ciruelas japonesas (Infante *et al.*, 2011).

CAPÍTULO I: PRODUCTIVIDAD POTENCIAL, CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DEL FRUTO DE VARIEDADES TEMPRANAS DE DURAZNOS CONSERVEROS

RESUMEN

Durante las temporadas 2010-2011 y 2011-2012, se determinó la productividad potencial, la dinámica de crecimiento y de maduración del fruto de seis variedades tempranas de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch): Andes, Toscana, Romana, Loadel, Carson y Bowen. Para ello, en la primera temporada, se evaluaron frutos semanalmente, desde endurecimiento del carozo y hasta cosecha, de acuerdo a su diámetro, peso, índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), color de fondo, firmeza de la pulpa y concentración de sólidos solubles. En la segunda temporada, las mediciones se iniciaron 5 semanas antes de la fecha estimada de cosecha comercial, y se evaluaron, dos veces a la semana, los mismos parámetros de la temporada anterior. Además, se estableció la productividad potencial en función de la densidad floral y cuaje.

La caracterización de la densidad floral y porcentaje de cuaje, curvas de crecimiento y evolución de los parámetros de madurez en función de los días después de plena flor (DDPF), se presentaron en forma descriptiva. La ganancia de peso de fruto y pérdida de firmeza de la pulpa durante la cosecha se describieron mediante regresiones lineales.

El cuaje fluctuó en un rango del 40 al 59%. Los principales cambios en la maduración se iniciaron 2 semanas antes de la cosecha comercial, con una ganancia adicional en peso en 'Loadel', 'Bowen', 'Carson' y 'Andes' durante el período de cosecha. Por último, la tasa de pérdida de firmeza de una misma variedad se mantiene constante durante las temporadas.

Palabras clave: fecha de cosecha, ganancia de peso, pérdida de firmeza de pulpa.

ABSTRACT

During the 2010-2011 and 2011-2012 seasons, potential productivity, fruit growth and fruit maturation of six early varieties of canning peaches (*Prunus persica* (L). Batsch), Andes, Toscana, Romana, Loadel, Carson and Bowen, were determined. In the first season, the fruits were assessed weekly, from pit hardening to harvest, according to their diameter, weight, index of absorbance difference (I_{AD}), background color, flesh firmness and soluble solids content. In the second season, the measurements of the same parameters were twice a week starting five weeks before the estimated commercial harvest date. The potential productivity as function of flower density and fruit set was also established.

Flower density and fruit set were characterized with averages. Growth curves and evolution of maturity parameters were described as function of days after full bloom (DAFB). Fruit weight increasing and firmness loss during harvest were described by means of linear regressions.

Fruit set varied between 40-59%. The main changes during maturation were initiated two weeks before the commercial harvest, where 'Loadel', 'Bowen', 'Carson' and 'Andes' showed additional weight gain. The firmness loss rate remains similar from season to season.

Keywords: harvest date, weight gain, loss of flesh firmness.

INTRODUCCIÓN

La rentabilidad de un huerto de duraznos conserveros está determinada por la producción de duraznos que se destina a la elaboración de conservas en mitades, que corresponde a frutos cuyo peso está incluido en el rango de 100 a 250 g, maduros, de textura firme, sin lesiones, libre de afecciones sanitarias y sin presencia de carozo partido (Ojer *et al.*, 2001). Los frutos con un peso menor a 100 g y los que poseen carozo partido son clasificados como fruta de tercera categoría y reciben precios hasta dos veces menores que aquellos destinados a mitades. Los frutos mayores a 250 g reciben el mismo precio que los destinados a mitades, pero no son preferidos por la industria, ya que por su excesivo calibre deben ser descarozados manualmente (Ojer *et al.*, 2009).

Además, se requiere entregar un flujo constante de materia prima a la industria, por lo que no sólo es necesario conocer la fecha de inicio de cosecha sino también la rapidez con que ocurre la maduración en el árbol (Vallejos *et al.*, 2011). Por ello, su seguimiento es una herramienta importante para el manejo correcto de la fruta (Benedetti *et al.*, 2008).

La velocidad de la caída de la firmeza es determinante en la gestión de la cosecha (Valero *et al.*, 2007). En comparación con los duraznos para fresco, los conserveros presentan una pérdida de la firmeza más lenta (Brovelli *et al.*, 1998), lo que les permite ser cosechados maduros y firmes para el proceso (Crisosto *et al.*, 2007). Vallejos *et al.* (2011) reportan que seguimientos de la maduración de los frutos en una misma variedad, en diferentes temporadas, muestran que la pérdida de firmeza ocurre en forma relativamente constante. Desde el punto de vista de la cosecha, la estabilización de la firmeza de la pulpa durante la maduración tiene la ventaja de que la espera puede significar una ganancia adicional en peso del fruto, ya que algunas variedades presentan, en este estado, todavía un activo crecimiento. Al respecto, seguimientos del crecimiento, para determinar la ganancia de peso de los frutos durante la última semana antes de cosecha, muestran que las variedades incrementan entre 3 y 5 g por fruto por día (Vallejos *et al.*, 2011); considerando un período de cosecha que puede extenderse entre 10 a 14 días (Lurie *et al.*, 2013), la espera resulta atractiva. No obstante, aumenta el riesgo de ablandamiento de algunos frutos, lo que puede redundar en menor rendimiento industrial de la fruta, detectándose pérdidas importantes (Mitchell y Kader, 1989), cuando los valores de firmeza están por debajo de los 27 N (Ojer *et al.*, 2011). El rango óptimo de firmeza de pulpa al momento del ingreso de la fruta a la línea de elaboración está entre 31 y 45 N, pero las fábricas trabajan con un rango más amplio, que va de 27 a 53 N, en función de la necesidad de integrar el manejo en el campo y en la agroindustria (Ojer, 2010); valores fuera de estos límites comprometen la calidad del producto terminado.

En definitiva, el rendimiento agroindustrial depende en gran medida del tamaño de los frutos y el grado de madurez de éstos (Vallejos *et al.*, 2011). La recomendación de atrasar la cosecha, en busca de mejorar los rendimientos, puede significar un alto riesgo, sin el conocimiento de la evolución de los distintos parámetros, previo y durante la cosecha por variedad.

Hipótesis

Existe una ganancia adicional en el peso de los frutos al atrasar la fecha de cosecha en duraznos conserveros de cosecha temprana.

Objetivos

Caracterizar el potencial productivo de las variedades tempranas de duraznos conserveros en función de la densidad floral y del porcentaje de cuaje.

Describir la dinámica de crecimiento y maduración de las variedades Andes, Toscana, Romana, Loadel, Carson y Bowen.

Determinar la evolución de la firmeza de la pulpa y el peso del fruto durante la cosecha de variedades de duraznos conserveros de maduración temprana.

MATERIALES Y MÉTODO

Ubicación del estudio

La investigación se realizó durante las temporadas 2010-2011 y 2011-2012, en dos huertos comerciales: Fundo El Retiro, Requínoa, VI Región, propiedad de Agrofoods (34°19'49,68"S; 70°50'1,88"O), y en Univiveros, Paine, Región Metropolitana (33°48'12,57"S; 70°45'6,17"O). Las evaluaciones de parámetros de madurez se realizaron en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33°34'11,59"S; 70°37'48,86"O).

Material

Se utilizaron 6 variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch) injertadas sobre patrón Nemaguard, plantadas en hileras con orientación Norte-Sur, regadas por goteo. Para cada variedad se usaron 3 árboles. Las características de los huertos se exhiben en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de las unidades bajo ensayo.

Temporada	Variedad	Lugar	Año de plantación	Distancia de plantación	Sistema de conducción
2010/2011	Andes	Paine	2005	3 x 5 m	Vaso
	Toscana	Requínoa	2007	2 x 4,5 m	Ípsilon transversal
	Romana	Requínoa	2007	2,5 x 5 m	Ípsilon transversal
	Loadel	Paine	2005	2 x 5 m	Vaso
	Carson	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal
	Bowen	Paine	2007	2 x 5 m	Vaso
2011/2012	Andes	Paine	2005	3 x 5 m	Vaso
	Loadel	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal
	Bowen	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal

Manejo del experimento

Se eligió un sector en el huerto en que los árboles fueran uniformes, en cuanto a desarrollo, vigor y altura, rodeados completamente por otros árboles y sin problemas nutricionales, patológicos y fisiológicos aparentes.

Evaluaciones

Densidad floral y porcentaje de cuaje

Al inicio de la floración, en cada árbol se eligieron 3 “cargadores” de 2 años o más, ubicados en la zona media del árbol, que contaran con varias ramillas, cortas y largas, en buenas condiciones de luminosidad. En el momento de 70 a 100% de floración se caracterizaron las diferentes ramillas en base a su largo (cm) y número de flores. Posteriormente, previo a la labor de raleo, se evaluó el número de frutos cuajados de las mismas. La determinación del cuaje se realizó en el momento en que se diferenció el tamaño de frutos, cuando los más grandes alcanzaron entre 12 a 18 mm.

Crecimiento y maduración de frutos

En la primera temporada, después del raleo manual, se marcaron 10 frutos por árbol, en tres árboles para cada variedad. Semanalmente, desde el endurecimiento del carozo hasta cosecha, se evaluaron los frutos en base a su diámetro ecuatorial (mm), con pie de metro digital, y el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), con un equipo DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia), en cada mejilla del fruto. Paralelamente, en cada oportunidad de medición, se colectaron 30 frutos de árboles cercanos, los cuales fueron trasladados al laboratorio, donde se evaluó su masa con una balanza digital (g); diámetro ecuatorial y polar (mm), y el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}). La evaluación del color de la piel se realizó con un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón), con fuente de iluminante D_{65} y un ángulo de observador de 0° , utilizando el sistema CIELab; el instrumento fue calibrado con un estándar blanco. La medición del color de fondo de ambas mejillas se determinaron los valores de L, a y b, y luego se obtuvieron los índices de tonalidad (h°) y saturación (C^*), promediando ambas caras (McGuire, 1992). Además, se determinó la firmeza de la pulpa (N) con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica), en cada mejilla, previa remoción de la epidermis, utilizando un émbolo de 7,9 mm con una distancia de penetración de 10 mm. También, se evaluó la concentración de sólidos solubles en el jugo de la pulpa, mediante el uso de un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón), expresándolo en porcentaje.

En la segunda temporada, sólo se evaluaron las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las mediciones se iniciaron 5 semanas antes de la fecha estimada de cosecha comercial. Se marcaron 20 frutos por árbol, en tres árboles, realizando 2 mediciones semanales de diámetro e I_{AD} . Paralelamente, se colectaron 20 frutos para evaluar en el laboratorio los mismos parámetros de la temporada anterior.

Cambios durante la cosecha

La cosecha, en ambas temporadas, se realizó cuando los frutos adquirieron una firmeza estimada entre 36 y 30 N, y color de fondo verde amarillento a amarillento, lo que

corresponde a DN-3 al DN-5 según la Tabla de color ASOEX para duraznos y nectarinas. Se determinó el diámetro ecuatorial (mm), la masa (g) y la firmeza de pulpa (N).

Análisis estadístico

La caracterización de la densidad floral y porcentaje de cuaje, curvas de crecimiento y evolución de los parámetros de madurez en función de los días después de plena flor (DDPF), para cada variedad, se presentan en forma descriptiva, mediante figuras.

Las relaciones de ganancia de peso de frutos y pérdida de firmeza de la pulpa en función de los días de cosecha, para cada variedad, se determinaron mediante regresiones lineales, con el programa estadístico InfoStat versión 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS

Densidad floral y porcentaje de cuaje

‘Loadel’ y ‘Andes’ presentaron las menores densidades florales, menos de 40 flores por metro lineal de ramilla; ‘Carson’ se destacó por su mayor densidad floral, aunque no se evaluó el cuaje. En general, el porcentaje de cuaje fluctuó entre 40 y 59%; la menor carga inicial se apreció en ‘Loadel’, mientras que las demás fueron similares entre sí, con 20 a 25 frutos por metro de ramilla (Figura 1).

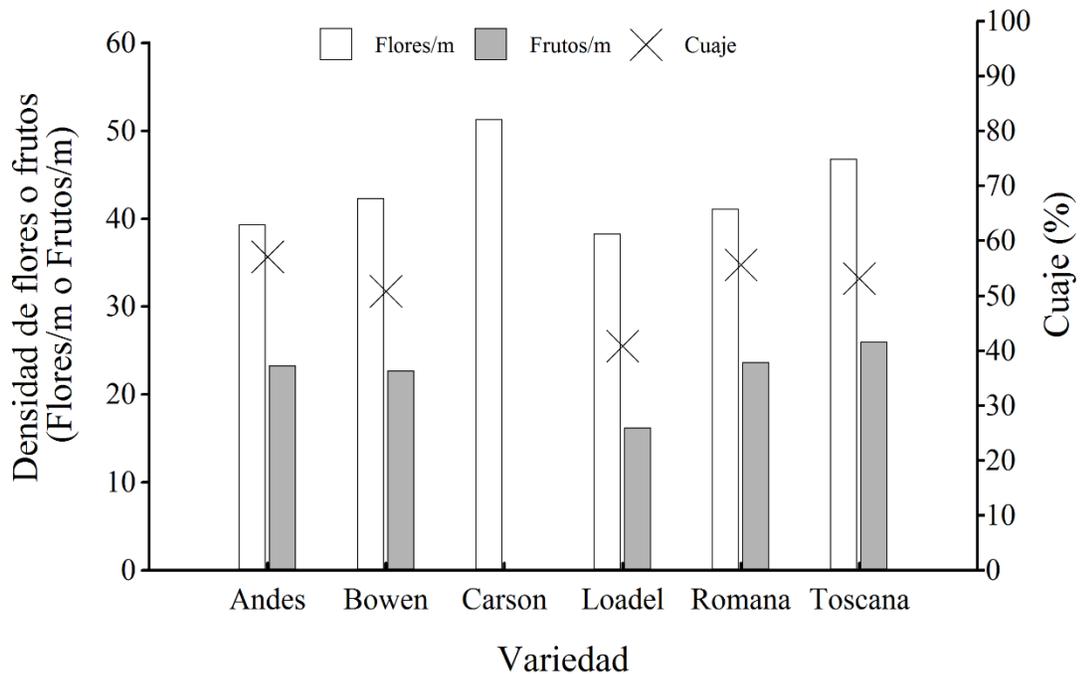


Figura 1. Densidad de flores y frutos, y porcentaje de cuaje de las variedades Andes, Toscana, Romana, Loadel, Carson y Bowen, durante la temporada 2011/2012.

Crecimiento y maduración de frutos

La longitud del período de crecimiento de las variedades fue alrededor de 118 días en ‘Andes’, la más temprana, hasta 137 días en ‘Bowen’, aunque esta última debiera ser considerada como de media estación. Se observó un rápido aumento del diámetro y peso en la fase III, apreciándose, en ‘Loadel’, ‘Bowen’, ‘Carson’ y ‘Andes’, una activa tasa de crecimiento durante la cosecha (Apéndice I, figuras 1, 4, 5 y 6).

En términos generales, los cambios perceptibles en la maduración se iniciaron aproximadamente 2 semanas antes de la cosecha comercial, manifiesto por el cambio de color de fondo (Apéndice I, figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6); la saturación aumentó progresivamente en la medida que los frutos maduraron, por el contrario, la tonalidad decreció desde ángulos hue cercanos a 120° (verde) hasta ángulos de 70° (amarillo naranja). El I_{AD} presentó un comportamiento similar al tono, asociado a la degradación de clorofila, evidente por la disminución abrupta de I_{AD} cuando los frutos expresan menos clorofila.

Por último, la firmeza de la pulpa decreció linealmente hasta la cosecha, y no existieron variaciones importantes en la concentración de sólidos solubles (Apéndice I, figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6), a excepción de 'Carson' y 'Loadel', en los cuales se apreció un aumento de los azúcares en el tiempo.

Cambios durante la cosecha

Dada la alta asociación entre peso y diámetro de los frutos muestreados ($r=0,97$), se estimó la ganancia de peso de los frutos en el árbol, a partir de su diámetro (Figura 2). La firmeza de la pulpa se describió en un rango de 53 N a 27 N, límites establecidos por la industria para la cosecha de duraznos conserveros. En términos de la caída de la firmeza de la pulpa, 'Carson' y 'Andes' fueron las variedades con lenta pérdida de firmeza, permitiendo un tiempo máximo de cosecha de 14 y 11 días, respectivamente. La firmeza en 'Loadel' y 'Bowen' limitó la cosecha a 8-9 días, mientras que en 'Romana' y 'Toscana' a sólo 7 días. Con respecto a la ganancia de peso, 'Loadel', 'Bowen', 'Carson' y 'Andes' aumentaron su peso de fruto entre 4,5 a 2,5 g por día, en promedio. En contraste, 'Romana' y 'Toscana' no presentaron una ganancia destacable.

En esta investigación no se consideró la carga frutal, lo que afectó el peso promedio del fruto de cada variedad. En aquellas variedades con dos temporadas de seguimiento, 'Loadel' y 'Bowen', se observó la clara tendencia que los frutos grandes crecieron a una mayor tasa que los frutos pequeños. Sin embargo, existió similar tasa de pérdida de firmeza, para una misma variedad, en las dos temporadas, con distintas condiciones productivas y climáticas (Figura 2).

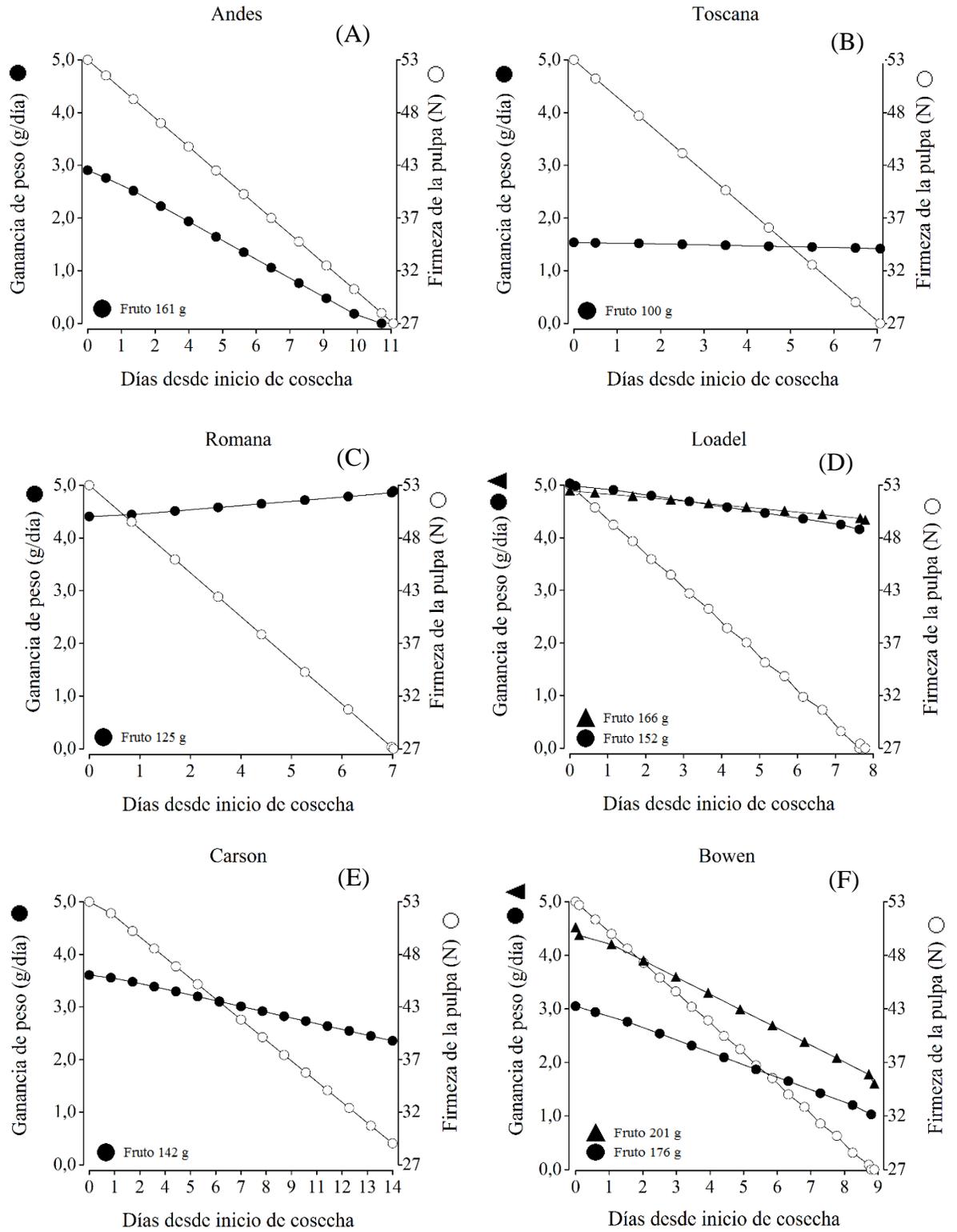


Figura 2. Ganancia en peso y pérdida de firmeza en función del día de cosecha para las variedades Andes (A), Toscana (B), Romana (C), Loadel (D), Carson (E) y Bowen (F).

DISCUSIÓN

Las variedades mostraron un porcentaje de cuaje muy semejante entre ellas, en un rango del 40 al 59%, similar al reportado por Ojer (2010). La densidad floral de 'Loadel' se consideraría media; alta en 'Bowen', 'Romana', 'Toscana' y 'Andes'; y muy alta en 'Carson', de acuerdo a la clasificación de Ojer *et al.* (2011). Asimismo, las variedades que presentaron entre 20-25 frutos/m de ramilla se clasificarían como de alta carga inicial. La información descrita es relevante para ajustar la época y la intensidad de raleo de frutos, ya que está demostrado que la carga inicial es decisiva en la producción y calidad de los frutos (Ojer *et al.*, 2001). En las variedades tempranas, el corto período de la floración a cosecha determina que el fruto se encuentre limitado por asimilados en las etapas I y III de crecimiento (Grossman y DeJong, 1995a). Con baja carga inicial no hay limitación de recursos y, por ende, los frutos expresan su potencial de crecimiento (Ojer *et al.*, 2001). Sin embargo, como se presentó alta carga inicial, se debe raleo temprano, de manera de causar una fuerte disminución en la competencia, para recuperar parcialmente el potencial de crecimiento perdido (Grossman y DeJong, 1995a). Cabe destacar que la carga inicial puede fluctuar año a año por las condiciones climáticas (Ojer *et al.*, 2011), por lo que los productores deben determinar la carga inicial por temporada para ajustar el raleo en función de las condiciones locales.

El seguimiento del color de fondo y la firmeza de la pulpa sirven para determinar la fecha de cosecha (Kader, 1999; Valero *et al.*, 2007). En este caso, en todas las variedades, el cambio en el color de fondo y la firmeza de la pulpa ocurrió aproximadamente 2 semanas antes de la cosecha comercial. El color mostró una caída abrupta del tono, virando de verde a amarillo, debido a la pérdida de clorofila y exposición de los carotenos (Giovannoni, 2004). De acuerdo a Crisosto *et al.* (2007), la degradación de la clorofila se correlaciona fuertemente con la maduración, por lo que resulta interesante evaluar el índice de diferencia de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), ya que se presenta como índice de madurez. Según varios autores, el I_{AD} detecta el nivel de madurez de los frutos y se correlaciona fuertemente con la producción de etileno (Ziosi *et al.*, 2008; Lurie *et al.*, 2013; Bonora, 2013). A simple vista, en duraznos conserveros, el I_{AD} evoluciona de manera similar a la tonalidad (hue), pero cuenta con la ventaja que el equipo es portátil, permitiendo realizar evaluaciones en el árbol. Con respecto a la firmeza de la pulpa, en todas las variedades disminuyó linealmente, decayendo lentamente hasta la cosecha (Brummell *et al.*, 2004). Por último, la baja variación de la concentración de sólidos solubles en el tiempo en comparación con los otros parámetros, ratifica que éste no sea un índice de cosecha (Ruiz-Altisent *et al.*, 2006).

La velocidad de caída de la firmeza de pulpa fue determinante para establecer la duración de la cosecha (Valero *et al.*, 2007), variando entre 7 a 14 días en las diferentes variedades. De acuerdo a la clasificación de Vallejos *et al.* (2011), la caída de firmeza fue lenta en 'Carson', con pérdidas de 1,8 N/día; intermedia en 'Andes', con 2,4 N/día; y rápida para 'Bowen', 'Loadel', 'Romana' y 'Toscana', con un rango de pérdida entre 2,7 y 3,8 N/día.

Si bien se ha reportado que un retraso en la cosecha puede mejorar el tamaño del fruto (Marini *et al.*, 1991; Bonora, 2013), esto no es factible en todas las variedades, pues la ganancia de peso sólo fue importante en ‘Loadel’, ‘Bowen’, ‘Carson’ y ‘Andes’. En el caso de ‘Carson’ y ‘Andes’, la lenta pérdida de firmeza les otorga una gran ventaja, ya que permite retrasar la cosecha sin apremio. En cambio, para ‘Loadel’ y ‘Bowen’, la decisión se complica, y el riesgo va a depender de la logística de cosecha y transporte (Vallejos *et al.*, 2011).

En ‘Loadel’ y ‘Bowen’, evaluadas por dos temporadas, se observó que los frutos grandes presentan una mayor tasa de crecimiento que los frutos de menor tamaño, lo que se explica porque el raleo reduce el número de frutos e incrementa la relación hoja:fruto y el tamaño del mismo (Costa y Vizzotto, 2000). Por tanto, los frutos grandes provienen de árboles con menor carga, en consecuencia, presentan una mayor tasa de crecimiento debido a la menor competencia por asimilados (Grossman y DeJong, 1995b). Además, se determinó que la pérdida de firmeza en una misma variedad fue similar en diferentes temporadas; resultados similares han sido reportados por Eccher Zerbini *et al.* (2006) y Lurie *et al.* (2013), en distintas condiciones climáticas, confirmando la apreciación de Vallejos *et al.* (2011), quienes indican que la firmeza puede ser confiable para pronosticar el inicio de la cosecha con anticipación.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones experimentales en que se realizó esta investigación, se puede concluir que:

El porcentaje de cuaje fluctúa en un rango entre el 40 al 59% en las variedades tempranas.

Los principales cambios que ocurren en la maduración se inician 2 semanas antes de la cosecha comercial.

Existe una ganancia de peso en las variedades Loadel, Bowen, Carson y Andes durante la cosecha, no así en Romana y Toscana.

La tasa de pérdida de firmeza es constante durante las temporadas para una misma variedad.

LITERATURA CITADA

Benedetti, S.; S. Buratti; A. Spinardi; S. Mannino and I. Mignani. 2008, feb. Electronic nose as a non-destructive tool to characterise peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2): 181-188.

Bonora, E. 2013. Modeling systems and vis/NIR device to improve peach and nectarine pre and post-harvest fruit maturity management. Doctorate in Arboreal Crops and Ornamental Agrosystems Forestry and Landscape. Bologna, Italy: University of Bologna. 128p.

Brovelli, E.; J. Brecht and W. Sherman. 1998, may. Potential maturity indices and developmental aspects of melting-flesh and nonmelting-flesh peach genotypes for the fresh market. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(3): 438-444.

Brummell, D.; V. Dal Cin; C. Crisosto and J. Labavitch. 2004, jul. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. *Journal of Experimental Botany*, 55(405): 2029-2039.

Costa, G. and G. Vizzotto. 2000, may. Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regulation*, 31: 113-119.

Crisosto, C. H.; C. Valero and D. C. Slaughter. 2007, mar. Predicting pitting damage during processing in Californian clingstone peaches using color and firmness measurements. *Applied Engineering in Agriculture*, 23 (2): 189-194.

Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Eccher Zerbini, P.; M. Vanoli; M. Grassi; A. Rizzolo; M. Fibiani; R. Cubeddu; *et. al.* 2006, mar. A model for the softening of nectarines based on sorting fruit at harvest by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 39(3): 223-232.

Giovannoni, J. 2004, jun. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell*, 16: 170-180.

Grossman, Y. and T. DeJong. 1995a, jun. Maximum fruit growth potential following resource limitation during peach growth. *Annals of Botany*, 75: 561-567.

Grossman, Y. and T. DeJong. 1995b, jun. Maximum fruit growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. *Annals of Botany*, 75: 553-560.

Kader, A. 1999, mar. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, 485: 203-208.

Lurie, S.; H. Friedman; A. Weksler; A. Dagar and P. Eccher Zerbini. 2013, feb. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 10-16.

Marini, R.; D. Sowers and M. Marini. 1991, may. Peach fruit quality is affected by shade during final swell of fruit growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(3): 383-389.

McGuire, R. 1992, dec. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27 (12): 1254-1255.

Mitchell, F. G. and A.A. Kader. 1989. Factors affecting deterioration rate. (pp.165-178). In: LaRue, J.H. and R. S. Johnson (ed.). Peaches, plums and nectarines: Growing and handling for fresh market. California, USA: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. 252p.

Ojer, M. 2010, ene.-jun. Evaluación del comportamiento agroindustrial de variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Mendoza, Argentina. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1): 20-34.

Ojer, M.; F. Vallejos y G. Reginato. 2011. Variedades. (cap. 4, pp.31-42). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Ojer, M.; G. Reginato y F. Vallejos. 2009, jun. Manejo de la carga frutal y productividad de duraznos conserveros. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 41(1): 65-75.

Ojer, M; G. Reginato y C. Arjona, C. 2001, nov. Incidencia de la carga inicial de frutos sobre la producción y la calidad de frutos en duraznero cv. Bowen. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal*, 16(1): 25-34.

Ruiz-Altisent, M.; L. Lleó and F. Riquelme. 2006, jun. Instrumental quality assessment of peaches: fusion of optical and mechanical parameters. *Journal of Food Engineering*, 74 (4): 490-499.

Valero, C.; C. Crisosto and D. Slaughter. 2007, jun. Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Postharvest Biology and Technology*, 44(3): 248-253.

Vallejos, F.; M. Ojer y G. Reginato. 2011. Maduración y cosecha de frutos. (cap. 12, pp.161-165). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Ziosi, V.; M. Noferini; G. Fiori; A. Tadiello; L. Trainotti; G. Casadoro and G. Costa. 2008, sep. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(3): 319-329.

APÉNDICE I

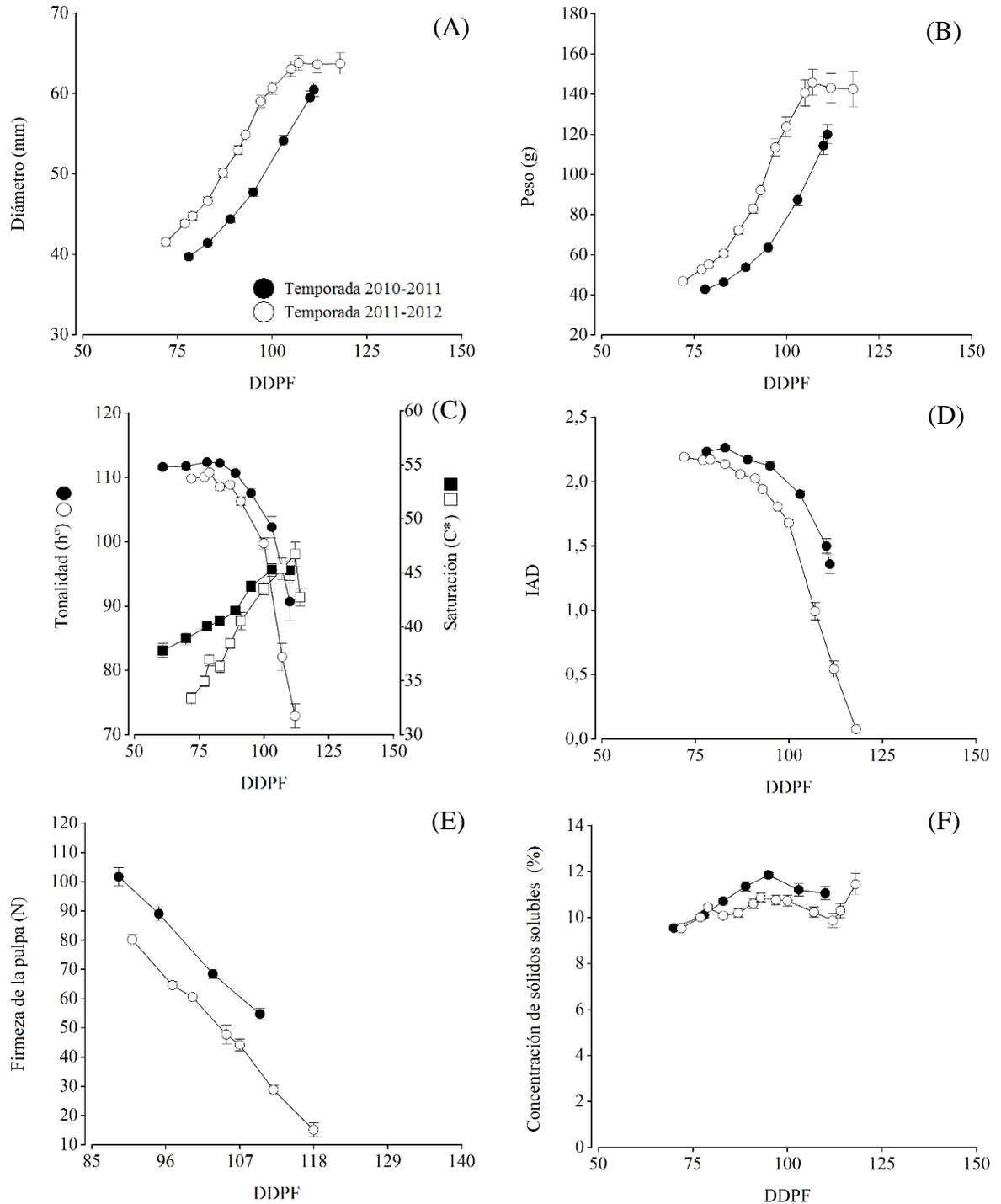


Figura 1. Evolución del tamaño y parámetros de madurez de frutos de la variedad Andes, en función de los días después de plena flor (DDPF), durante las temporadas 2010/2012. A: diámetro; B: peso; C: tonalidad y saturación; D: I_{AD} ; E: firmeza de la pulpa; F: concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

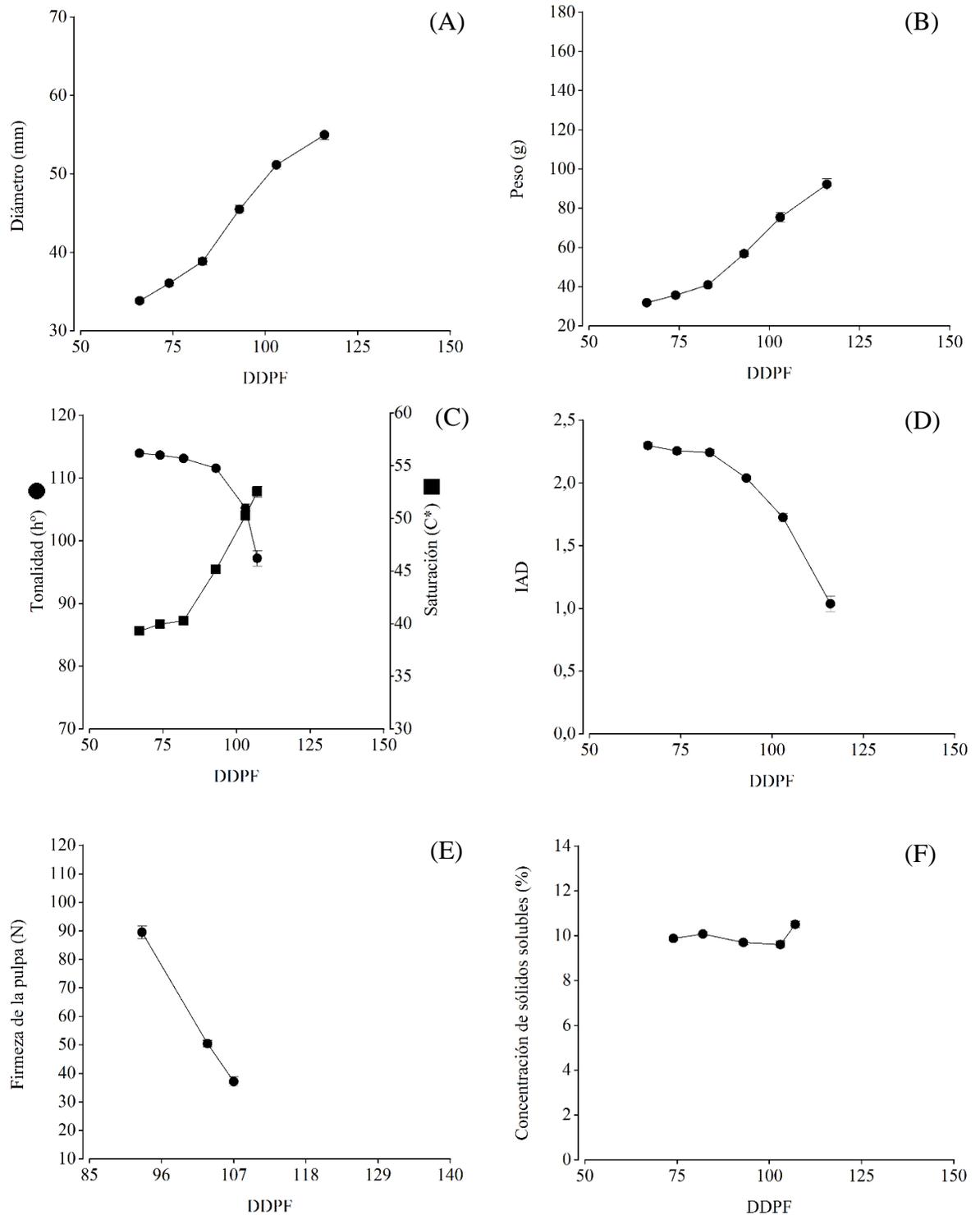


Figura 2. Evolución del tamaño y parámetros de madurez de frutos de la variedad Toscana, en función de los días después de plena flor (DDPF), durante la temporada 2010/2011. A: diámetro; B: peso; C: tonalidad y saturación; D: I_{AD} ; E: firmeza de la pulpa; F: concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

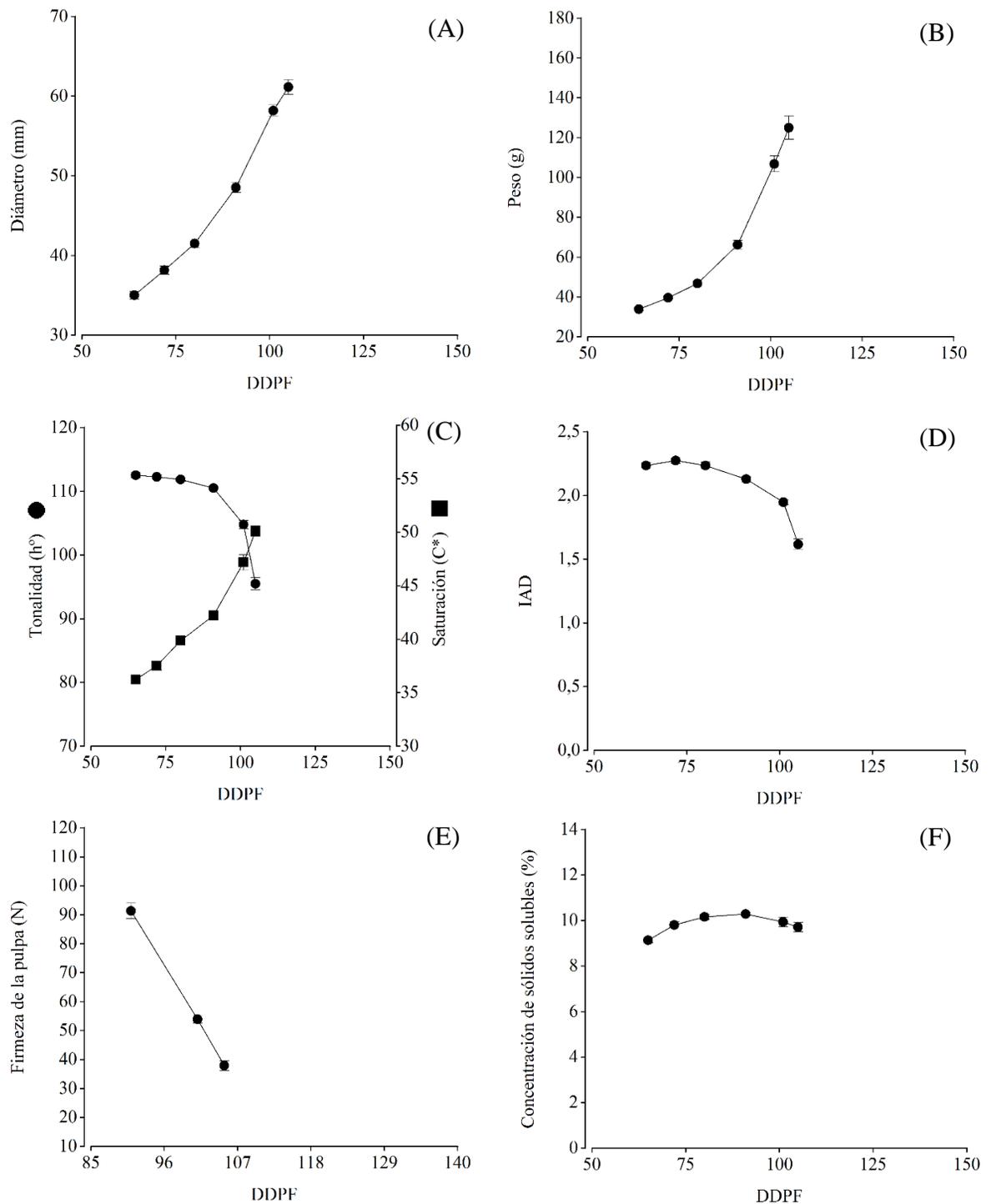


Figura 3. Evolución del tamaño y parámetros de madurez de frutos de la variedad Romana, en función de los días después de plena flor (DDPF), durante la temporada 2010/2011. A: diámetro; B: peso; C: tonalidad y saturación; D: I_{AD} ; E: firmeza de la pulpa; F: concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

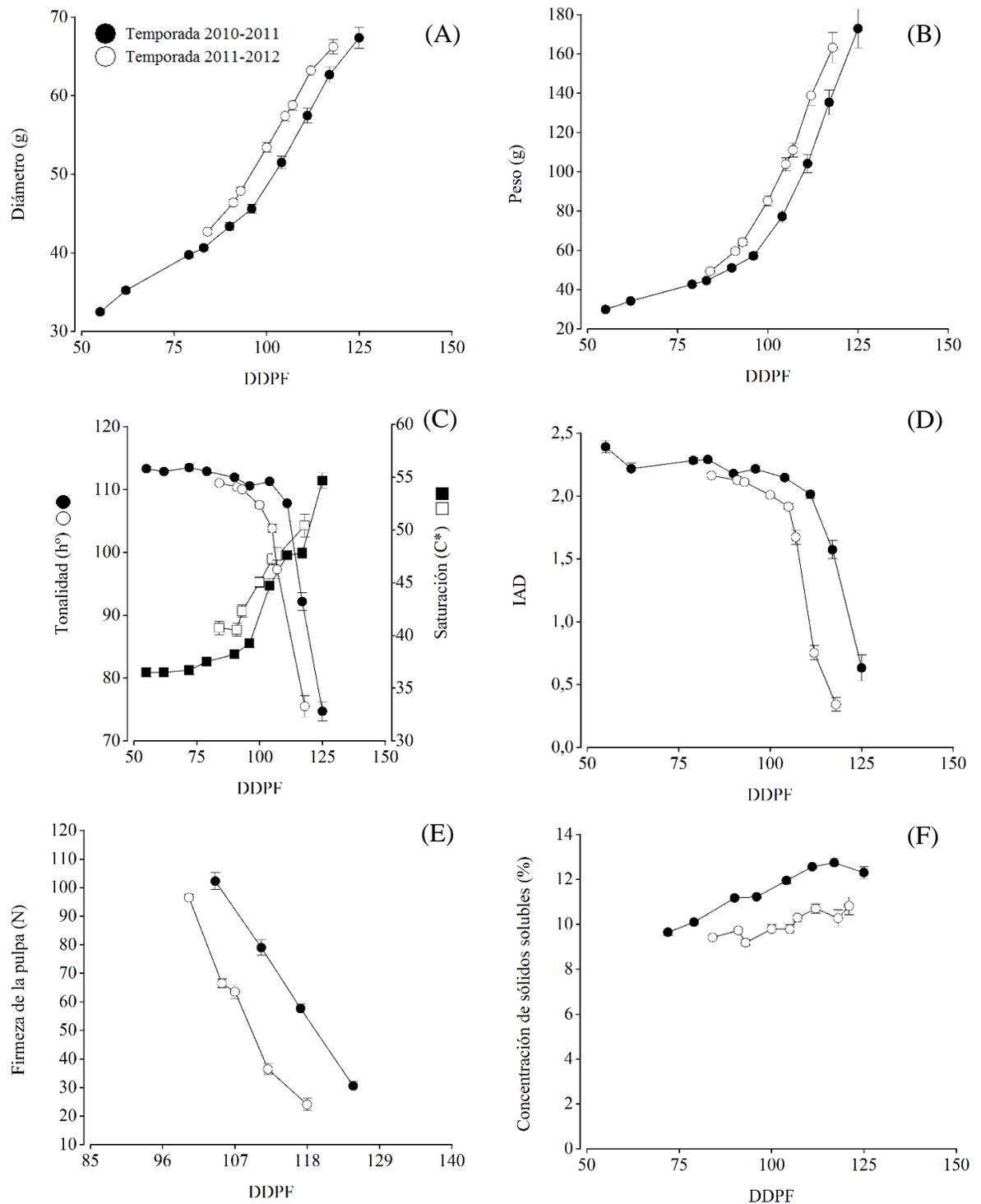


Figura 4. Evolución del tamaño y parámetros de madurez de frutos de la variedad Loadel, en función de los días después de plena flor (DDPF), durante las temporadas 2010/2012. A: diámetro; B: peso; C: tonalidad y saturación; D: I_{AD} ; E: firmeza de la pulpa; F: concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

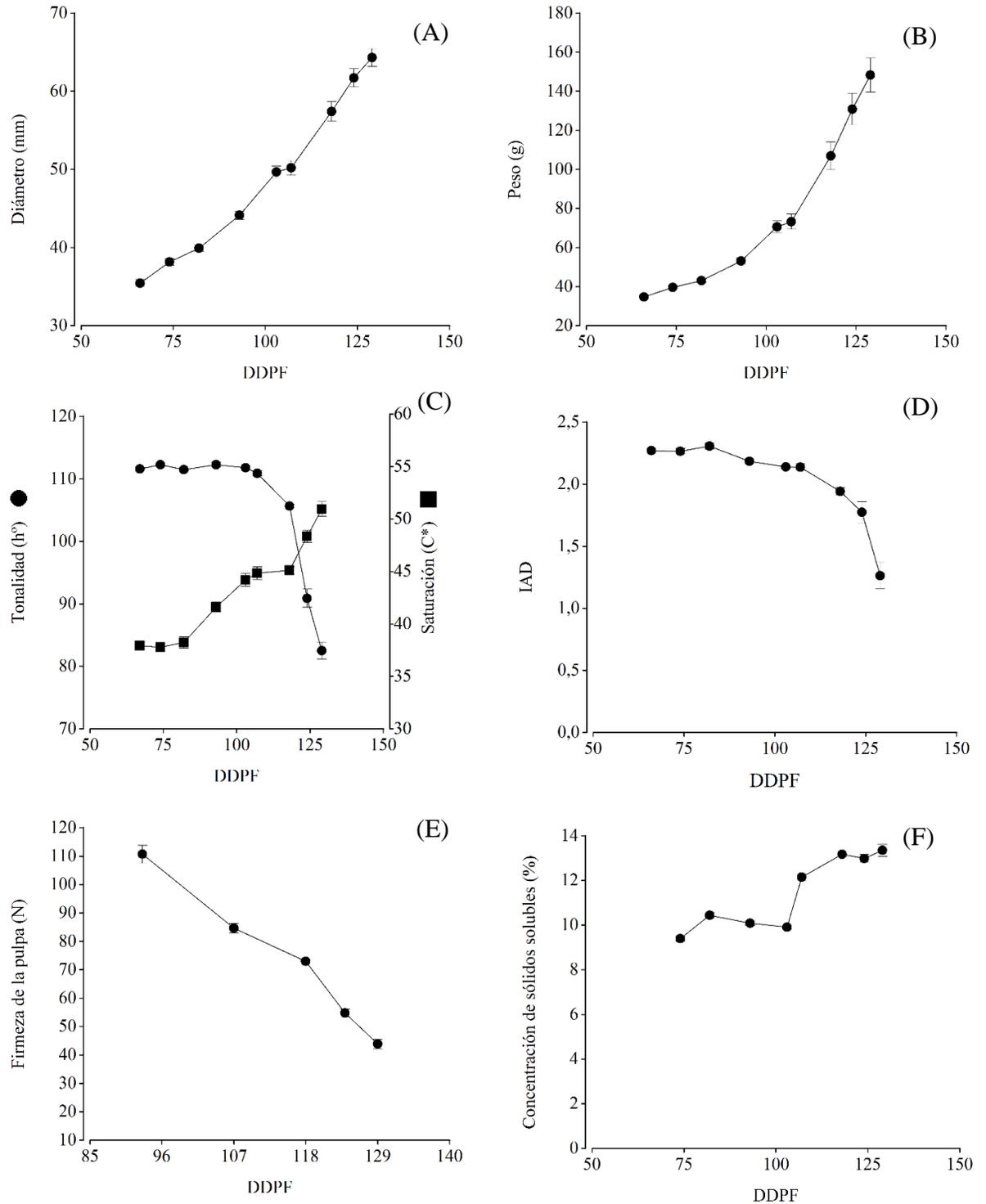


Figura 5. Evolución del tamaño y parámetros de madurez de frutos de la variedad Carson, en función de los días después de plena flor (DDPF), durante la temporada 2010/2011. A: diámetro; B: peso; C: tonalidad y saturación; D: I_{AD} ; E: firmeza de la pulpa; F: concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

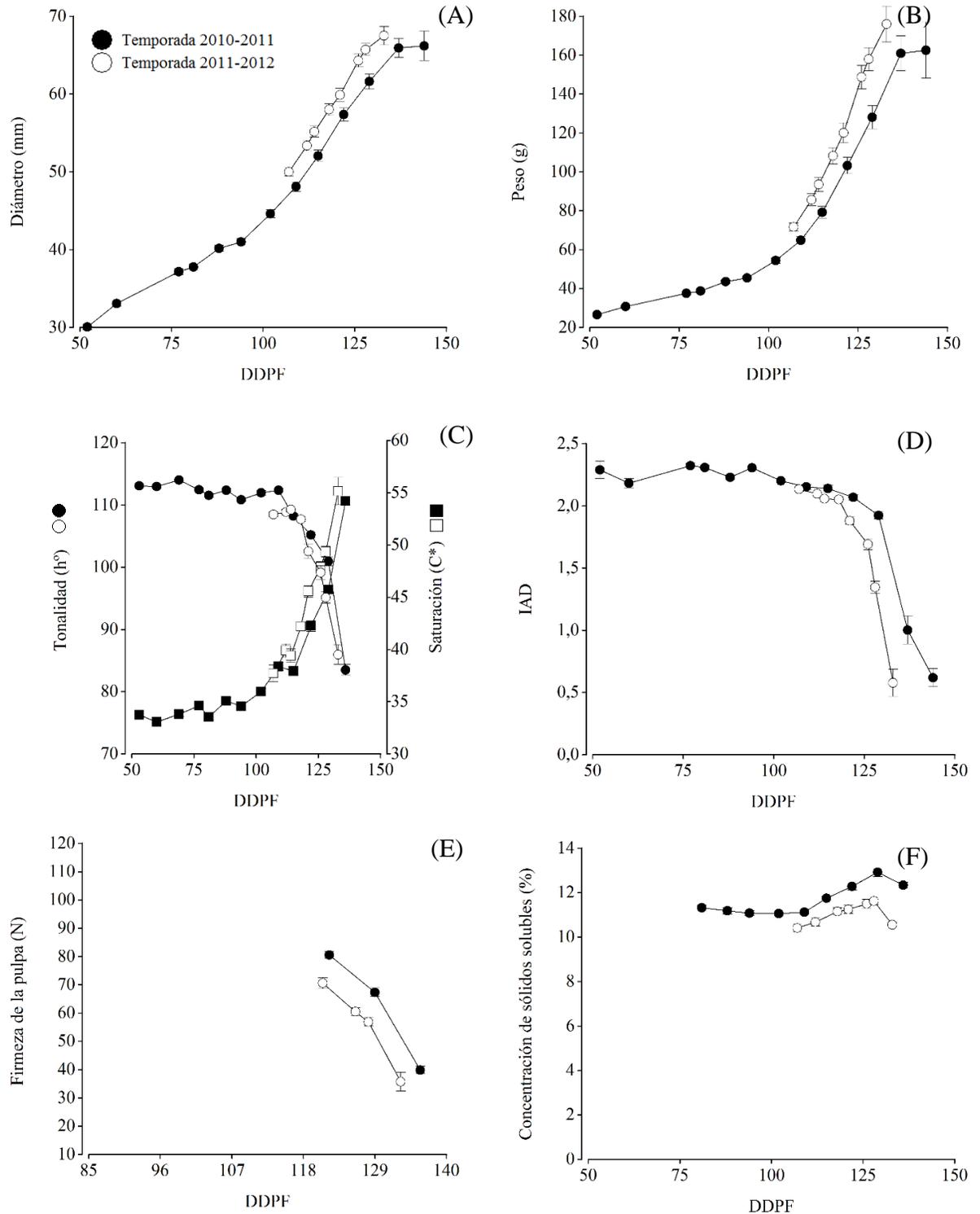


Figura 6. Evolución del tamaño y parámetros de madurez de frutos de la variedad Bowen, en función de los días después de plena flor (DDPF), durante las temporadas 2010/2012. A: diámetro; B: peso; C: tonalidad y saturación; D: I_{AD} ; E: firmeza de la pulpa; F: concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LA MADURACIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO DE DURAZNO CONSERVERO SEGÚN SU POSICIÓN EN EL ÁRBOL

RESUMEN

En las temporadas 2010-2011 y 2011-2012, con el objetivo de determinar el efecto de la posición del fruto sobre la maduración, se estableció un ensayo en las variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch): Andes, Loadel y Bowen. En cada variedad, se seleccionaron 3 árboles por temporada, los que se evaluaron en sección inferior y superior, correspondiente entre 0,5 m a 1,7 m y 1,7 m a 3,0 m de altura, respectivamente. A los frutos de cada sección se les determinó el diámetro, el peso, el color de fondo, la absorbancia de la clorofila (I_{AD}), la firmeza de la pulpa y la concentración de sólidos solubles. Además, en la segunda temporada, se caracterizó el ambiente lumínico de cada sección.

Dado el comportamiento no lineal del I_{AD} en el tiempo, se ajustaron regresiones segmentadas para las variedades, por temporada. Con ello, se determinó el momento a partir del cual el I_{AD} muestra una disminución lineal, en precosecha, considerando este período para analizar el cambio durante la maduración, aproximadamente 10 a 15 días antes de la cosecha. La comparación entre las secciones inferior y superior, se realizó mediante modelos ajustados de regresión lineal simple, bajo el marco teórico de modelos lineales mixtos.

La posición del fruto en la copa afectó el tamaño, la concentración de sólidos solubles, el I_{AD} , la tonalidad y la saturación del color de fondo a cosecha. No existió diferencia en la tasa de ablandamiento de los frutos de distintas zonas del árbol en las tres variedades. En términos generales, existió una mayor madurez en los frutos de la sección superior, en comparación con los de la inferior. La variabilidad observada de acuerdo a la posición del fruto depende de la edad de los frutos y las condiciones de desarrollo.

Palabras clave: GDH, índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), luz.

ABSTRACT

In the 2010-2011 and 2011-2012 seasons, with the aim of determining the effect of fruit position on maturation, a trial was established in 'Andes', 'Loadel' and 'Bowen' canning peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch). For each variety, 3 trees were chosen by season, which were assessed in bottom section and upper section, corresponding 0.5 m to 1.7 m and 1.7 m to 3.0 m height, respectively. The diameter, weight, background color, index of absorbance difference (I_{AD}), flesh firmness and soluble solids content of fruit from each section were evaluated. Additionally, in the second season, the light environment was characterized in each section.

Given the nonlinear pattern of I_{AD} as function of time, segmented regressions were adjusted for the varieties, by season. With this, the moment from which the I_{AD} shows a linear decrease was determined; considering this period the changes during maturation, approximately 10-15 days before the harvest were analyzed. The comparison between bottom and upper sections was carried out by means of simple linear regression models, under the linear mixed models theoretical framework.

The position of the fruit in the tree affected its size, soluble solids content, I_{AD} , background color hue and chroma at harvest. There was no difference in firmness loss rate between sections in the three varieties. In general terms, fruit maturity was more advanced in the upper sections than in the bottom section. The observed variability by fruit position depends on fruit age and development conditions.

Keywords: GDH, index of absorbance difference (I_{AD}), light.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que determinan el rendimiento del huerto es la calidad del fruto, exigido por las industrias. Los parámetros tradicionales de calidad, como tamaño y color, concentración de azúcar y firmeza, se ven afectados por diversos factores; de acuerdo a Lurie y Crisosto (2005), uno de los factores importantes que influyen en la calidad es la posición del fruto en el árbol.

Los duraznos presentan una mayor variabilidad en la maduración en comparación con otros frutales (Lewallen y Marini, 2003), es por ello que la cosecha se realiza en múltiples pasadas (Lurie *et al.*, 2013). Varios autores confirman que las diferencias en la maduración conforme a la ubicación en el árbol afectan la calidad del fruto (Crisosto *et al.*, 1997; Benítez y Duprat, 1998; Farina *et al.*, 2005). Dentro del árbol, la fruta es expuesta a condiciones desiguales de microclima y, en consecuencia, las reacciones bioquímicas relacionadas con el desarrollo de la maduración ocurren a diferentes tasas en cada fruto (Marini *et al.*, 1991). En este sentido, George *et al.* (1996) hallaron una estrecha relación entre la radiación solar y la madurez y calidad de los frutos; al respecto, Marini *et al.* (1991) consideran que la falta de luz es más perjudicial para la calidad en durazno durante la segunda mitad del estado III (3 semanas antes de cosecha aproximadamente en variedades tempranas).

En el árbol, Caruso *et al.* (2001) indican que la calidad de la fruta fue siempre mejor en la parte superior, y Drogoudi y Pantelidis (2011) encontraron que los frutos de la parte superior y media de la copa se encuentran en un estado de madurez más avanzado. Por otro lado, Forlani *et al.* (2002) demostraron que las diferencias no son tan claras e, incluso, señalan que la porción baja juega un importante rol en la producción de frutos de alta calidad, al igual que la porción media y alta.

Marini *et al.* (1991) señalan que la luz es importante para ciertas características de calidad en durazno; en términos de peso y tamaño, se reportan frutos más grandes en la zona superior (Benítez y Duprat, 1998; Lewallen, 2000; Luchsinger *et al.*, 2002; He *et al.*, 2008), en parte, asociado con la interceptación de la luz (Farina *et al.*, 2005), aunque Lewallen (2000) plantea que puede ser debido a una mayor tasa de transpiración. Del mismo modo, la mayor concentración de azúcares es en fruta cosechada de la parte superior (Crisosto *et al.*, 1995; Crisosto *et al.*, 1997; Caruso *et al.*, 2001; Dussi *et al.*, 2005; Nilsson y Gustavsson, 2007), relacionándose positivamente con el nivel de luz (Lewallen, 2000). Con respecto al color de fondo, aumentan la claridad y la saturación en la medida que la fruta está más iluminada (Ortín, 2004). Asimismo, se afecta significativamente el porcentaje de color rojo de la piel, especialmente en frutos provenientes de la parte superior del árbol (Bible y Singha, 1993; Layne *et al.*, 2001), lo que también se encuentra en manzanas (Drogoudi y Pantelidis, 2011). En relación a la firmeza de la pulpa, cabe destacar que su evolución es diferente entre tipos de duraznos (Guiani *et al.*, 2011) y variedades (Maness *et al.*, 1992), característica que se manifiesta en su comportamiento de acuerdo a la posición del fruto en la copa. Remorini *et al.* (2006) indican que los frutos más expuestos, los cuales interceptaron más de un 70% de radiación solar diurna, presentaron una baja firmeza. Sin embargo, otros trabajos demuestran

lo contrario, alta firmeza en la zona superior del árbol (Benítez y Duprat, 1998; He *et al.*, 2008) y una tasa de ablandamiento mayor en las zonas inferiores (Ortín, 2004). En cambio, Dussi *et al.* (2009) señalan que la firmeza en duraznos variedad Elegant Lady no fue afectada por diferentes tratamientos de modificación lumínica en el interior de la copa ni por la posición del fruto en el árbol.

En síntesis, el conocimiento de la heterogeneidad de la maduración en duraznos conserveros es fundamental para planificar y ajustar las prácticas de manejo, con el fin de aumentar la uniformidad de la cosecha, mejorar la calidad de la materia prima y optimizar el procesamiento en la agroindustria.

Hipótesis

En variedades de cosecha temprana de duraznos conserveros, la fruta ubicada en la sección superior del árbol es de mejor calidad y alcanza la madurez de cosecha antes que los frutos de la sección inferior.

Objetivo

Determinar la dinámica de crecimiento y maduración del fruto de acuerdo a la posición en el árbol: sección inferior y superior.

MATERIALES Y MÉTODO

Ubicación del estudio

El trabajo experimental se llevó a cabo durante dos temporadas 2010-2011 y 2011-2012, en los huertos comerciales: Fundo El Retiro, Requínoa, VI Región, propiedad de Agrofoods (34°19'49,68"S; 70°50'1,88"O), y en Univiveros, Paine, Región Metropolitana (33°48'12,57"S; 70°45'6,17"O). Las evaluaciones de parámetros de madurez se realizaron en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33°34'11,59"S; 70°37'48,86"O).

Material

Se seleccionaron 3 variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch); Andes, Loadel y Bowen, injertadas sobre Nemaguard, plantadas en orientación Norte-Sur y regadas por goteo. En ambas temporadas, para cada variedad, se usaron 3 árboles. Las características de los huertos se exhiben en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de las unidades bajo ensayo.

Temporada	Variedad	Lugar	Año de plantación	Distancia de plantación	Sistema de conducción
2010/2011	Andes	Paine	2005	3 x 5 m	Vaso
	Loadel	Paine	2005	2 x 5 m	Vaso
	Bowen	Paine	2007	2 x 5 m	Vaso
2011/2012	Andes	Paine	2005	3 x 5 m	Vaso
	Loadel	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal
	Bowen	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal

Tratamientos y diseño experimental

Para cada temporada de estudio, se eligieron árboles homogéneos en cuanto a vigor y altura, sin síntomas de enfermedades aparentes, con manejos culturales y condiciones de luz similares.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, siendo la unidad experimental la planta. En cada variedad, se seleccionaron 3 árboles por temporada; los cuales se dividieron en sección inferior y superior, que correspondieron entre 0,5 m a 1,7 m y 1,7 m a 3,0 m de altura,

respectivamente. Los frutos de cada sección fueron elegidos al azar en diferentes exposiciones y profundidades de la copa. Así, los tratamientos estuvieron determinados por cada combinación variedad y sección.

Evaluaciones

Se realizó una caracterización del crecimiento y maduración de los frutos según la posición en el árbol en las tres variedades. Para ello, en la primera temporada, después del raleo manual, se marcaron 10 frutos por árbol, en tres árboles; 5 frutos en la zona superior y 5 en la zona inferior de la copa. Semanalmente, desde endurecimiento del carozo hasta cosecha, se evaluó el diámetro ecuatorial (mm), con pie de metro digital, y el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), con el equipo DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia), en cada mejilla del fruto.

En el mismo momento de cada medición, se muestrearon 15 frutos de la zona superior y 15 de la zona inferior, de árboles vecinos que presentaron diámetro e I_{AD} similar a los frutos marcados. Estos fueron evaluados en laboratorio, de acuerdo a su masa con una balanza digital (g); diámetro ecuatorial (mm), mediante un pie de metro digital; I_{AD} , con el equipo DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia), medido en la zona ecuatorial más representativa del color de cada mejilla; color de piel, con un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón), con fuente de iluminante D_{65} y un ángulo de observador de 0° , utilizando el sistema CIELab, y calibrado con un estándar blanco, determinando los valores de L, a y b, para luego obtener tonalidad (h°) y saturación (C^*), promediando ambas caras (McGuire, 1992). Además se determinó la firmeza de la pulpa (N), con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica), en cada mejilla, previa remoción de la epidermis, utilizando un émbolo de 7,9 mm con una distancia de penetración de 10 mm; y la concentración de sólidos solubles, con un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón), evaluando el jugo de la pulpa, y expresándolo en porcentaje.

En la segunda temporada, las mediciones se iniciaron 5 semanas antes de la fecha estimada de cosecha comercial. Se marcaron 20 frutos por árbol, en tres árboles, 10 frutos en la zona superior y 10 en la zona inferior de la copa, realizando 2 mediciones semanales de diámetro e I_{AD} . Paralelamente, se colectaron 10 frutos de la zona superior y 10 de la zona inferior, de árboles vecinos, para evaluar los mismos parámetros de la temporada anterior, en laboratorio.

La cosecha, en ambas temporadas, se realizó cuando los frutos adquirieron una firmeza estimada entre 36 y 44 N, y color de fondo verde amarillento a amarillento, lo que corresponde a DN-3 y DN-5 según la Tabla de color de ASOEX para duraznos y nectarinas, y se les determinó el diámetro ecuatorial (mm), la masa (g), el I_{AD} , el color de piel, la firmeza de pulpa (N) y la concentración de sólidos solubles (%).

A partir del registro de las temperaturas de las temporadas 2010/2012, de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada huerto, correspondientes a las zonas de Huelquén y

Requínoa, la evolución de las temperaturas se expresó como horas grados de crecimiento (GDH).

Caracterización del ambiente lumínico

En la segunda temporada se realizó una caracterización del ambiente lumínico del árbol durante la cosecha de cada variedad. Se determinó la fracción de radiación solar interceptada (PAR_i) con una barra AccuPAR LP-80 (Decagon Devices, EE.UU.), la cual integra el registro de 80 sensores. Las mediciones se hicieron en las secciones inferior y superior, a dos alturas (0,4 m y 1,7 m del suelo) para tres árboles de cada variedad.

Las evaluaciones de cada sección se realizaron desde la mitad de la entre la hilera hasta la mitad de la siguiente, cubriendo toda la superficie asignada al árbol. Con las tres mediciones del día: mediodía solar, cuatro y dos horas previas o posteriores al mediodía solar, se estableció la radiación incidente sobre el huerto (PAR_0), la radiación no interceptada (PAR_{ni}), resultando por diferencia la radiación interceptada.

Análisis estadístico

Dado el comportamiento del I_{AD} en el tiempo, se ajustaron regresiones no lineales segmentadas, por temporada, determinando parámetros (pendiente y punto de inflexión) de los modelos de acuerdo a su significancia ($p < 0,05$). Con ello, se determinó el momento a partir del cual el I_{AD} muestra una disminución lineal, en precosecha, considerando este período para analizar el cambio durante la maduración, aproximadamente 10 a 15 días antes de la cosecha.

Para la exploración de los datos de precosecha se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA), con las variables de madurez evaluadas en laboratorio.

La comparación entre secciones, inferior y superior, para cada variable en el tiempo, se realizó mediante modelos de regresión lineal simple, bajo el marco teórico de modelos lineales mixtos, a fin de contemplar las correlaciones entre las medidas repetidas en el tiempo y las varianzas heterocedásticas. Los tratamientos (variedad y sección), DDPF y la interacción entre ellos se consideraron como efectos fijos, y los efectos de temporada, árbol y fruto como factores aleatorios, dependiendo de la variable. La bondad de ajuste de los modelos seleccionados se valoró mediante los criterios de selección “Akaike Information Criterion” (AIC) y “Bayesian Information Criterion” (BIC). Para la determinación de las diferencias estadísticas entre secciones, se realizaron pruebas de contrastes a las pendientes de las regresiones, en el inicio del quiebre y cosecha, con un $\alpha < 0,05$. Las comparaciones se realizaron por variedad. En todos los casos se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

La caracterización del ambiente lumínico de cada variedad se evaluó de forma descriptiva, mediante cuadros y figuras, utilizando el programa SigmaPlot.

RESULTADOS

La evolución del I_{AD} muestra poco progreso en el tiempo, hasta el momento en el cual comienza la degradación de la clorofila (Figura 3). Por ello, se ajustó una regresión no lineal segmentada para cada variedad, por temporada. Se observó una mínima variación del I_{AD} antes del punto de inflexión del modelo; pasado este punto, el I_{AD} decreció linealmente 15 a 10 días antes de cosecha (Cuadro 3). La abrupta caída del I_{AD} coincidió con el cambio de color de fondo del fruto, en ambas temporadas, por lo que el punto de inflexión marca el cambio de la coloración.

Cuadro 3. Características generales del período de crecimiento del fruto de las variedades Andes, Loadel y Bowen, para las temporadas de estudio.

Variedad	Plena flor	Quiebre de color ¹	Largo del ciclo ²	GDH30 ³
Andes	09-09-2010	100 DDPF	110 días	5835
	13-09-2011	97 DDPF	105 días	6355
Loadel	08-09-2010	113 DDPF	125 días	4941
	13-09-2011	106 DDPF	121 días	5688
Bowen	10-09-2010	126 DDPF	137 días	4979
	13-09-2011	119 DDPF	133 días	5688

¹Punto de inflexión determinado por la regresión no lineal segmentada.

²Hasta madurez comercial, firmeza de pulpa de 44-36 N.

³Horas grado de crecimiento acumuladas hasta los 30 DDPF.

Al asociar el punto de inflexión y la duración total del desarrollo de fruto, con los GDH30, se apreció que, en general, la temporada 2010-2011 presentó menor GDH30 que la temporada 2011-2012. La consecuencia directa de la menor temperatura en la primavera 2010-2011 fue un desarrollo más lento del fruto y, por ende, un punto de inflexión más tardío.

Para facilitar el análisis de la maduración, el comportamiento de ésta fue descrito a partir del punto de inflexión de cada temporada.

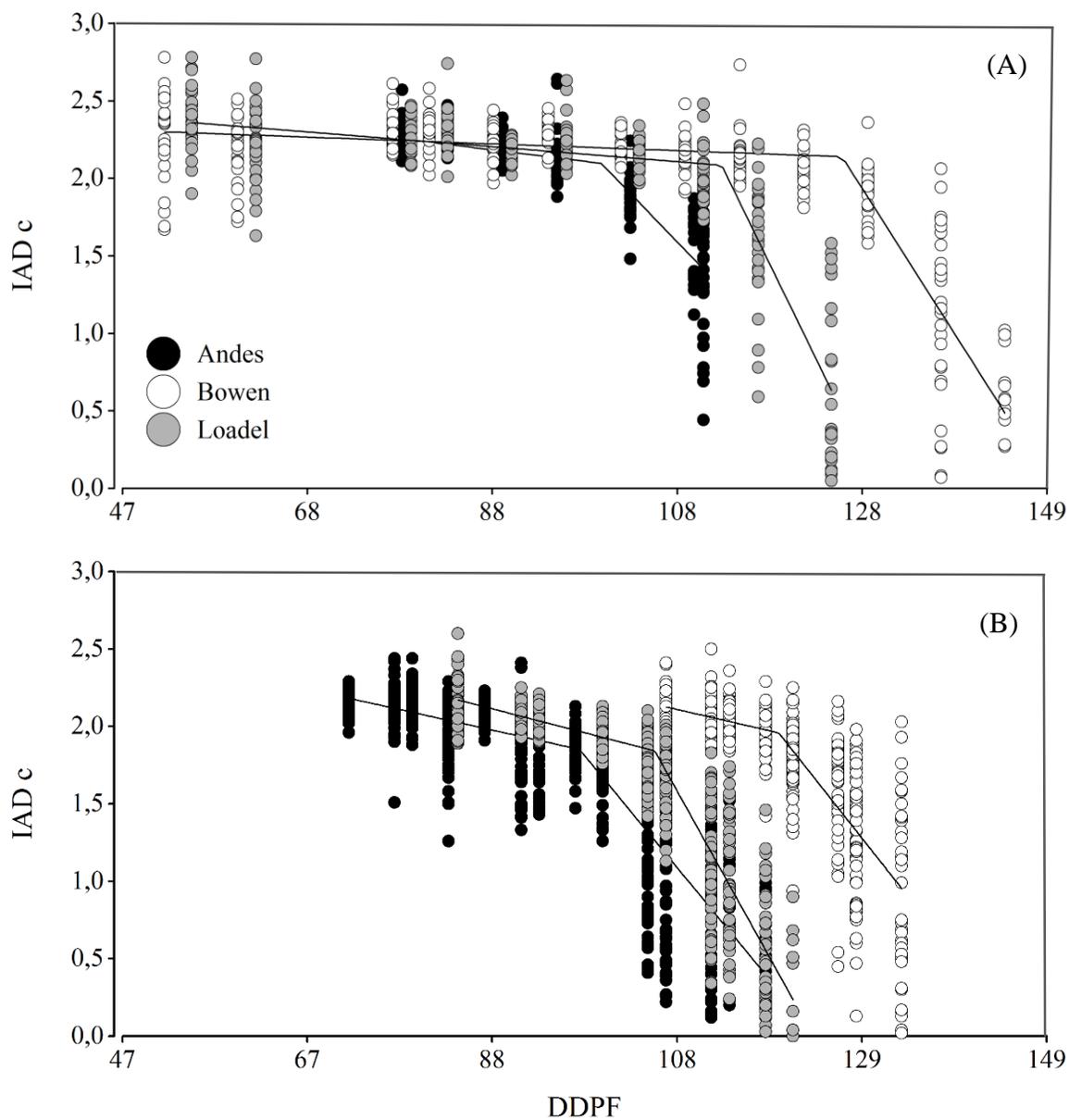


Figura 3. Evolución del I_{AD} en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Andes, Bowen y Loadel, para las temporadas 2010-2011 (A) y 2011-2012 (B). Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión segmentada entre el I_{AD} y los DDPF. Los parámetros de los modelos fueron estadísticamente significativos $p < 0,05$.

El análisis exploratorio con las dos primeras componentes permitió visualizar el 94% de la variabilidad evaluada durante la maduración de ‘Andes’, ‘Loadel’ y ‘Bowen’ (Figura 4). La primera componente (CP1), con la mayor variabilidad, se explica por la firmeza, la tonalidad y el I_{AD} , y separó ‘Bowen’ de ‘Andes’ y ‘Loadel’. Además, se observó una fuerte correlación entre firmeza, tonalidad e I_{AD} ; y concentración de sólidos solubles (CSS) con saturación.

La CP2 diferenció las secciones del árbol en cada variedad. Las variables que explican la mayor variabilidad del segundo componente fueron la saturación y CSS. En términos generales, los frutos inferiores presentaron mayor I_{AD} , tonalidad y firmeza; y menor saturación y CSS.

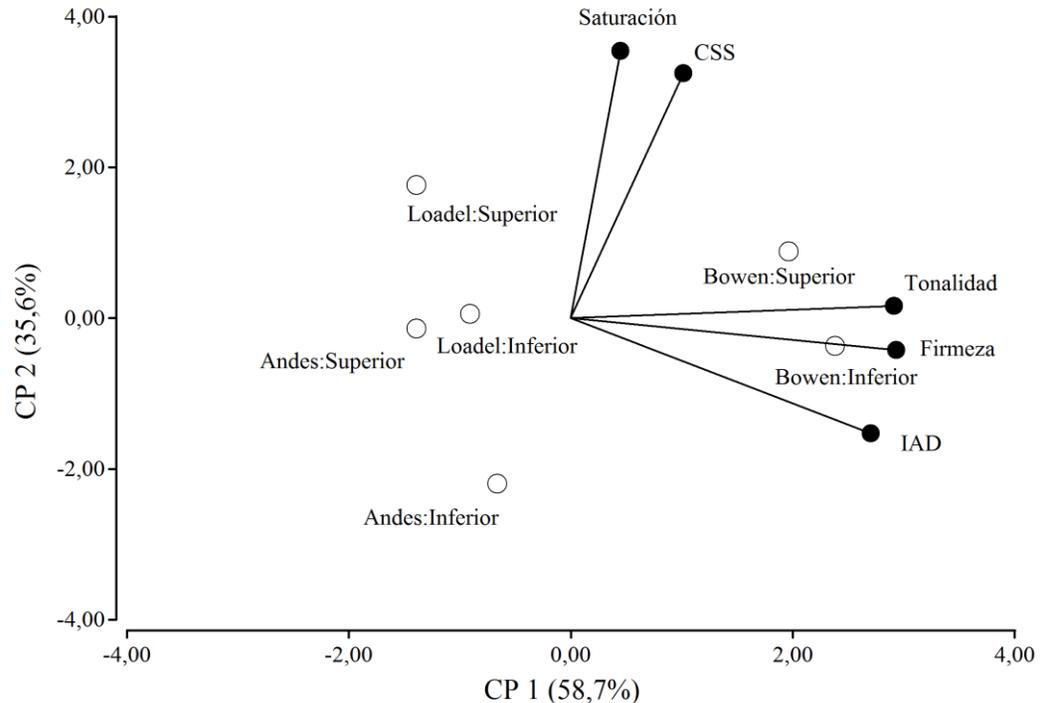


Figura 4. Análisis de componentes principales para las variables de madurez de frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Loadel y Bowen, a partir del quiebre de color a la cosecha, durante las temporadas 2010/2012.

En cada variable de madurez, al integrar ambas temporadas de estudio y variedades, y describir modelos lineales mixtos, para las secciones inferior y superior, se determinaron las diferencias en la tasa de cambio y en los valores al inicio del quiebre de color y a cosecha entre secciones, por variedad.

En el caso del I_{AD} , hubo diferencias significativas en la tasa de cambio y a la cosecha entre las secciones (Cuadro 4). La fruta de la sección superior del árbol se destacó por presentar mayor tasa de caída de I_{AD} (Figura 5), alcanzando a cosecha diferencias entre 0,41 y 0,59 de I_{AD} entre los frutos de cada sección (Cuadro 4).

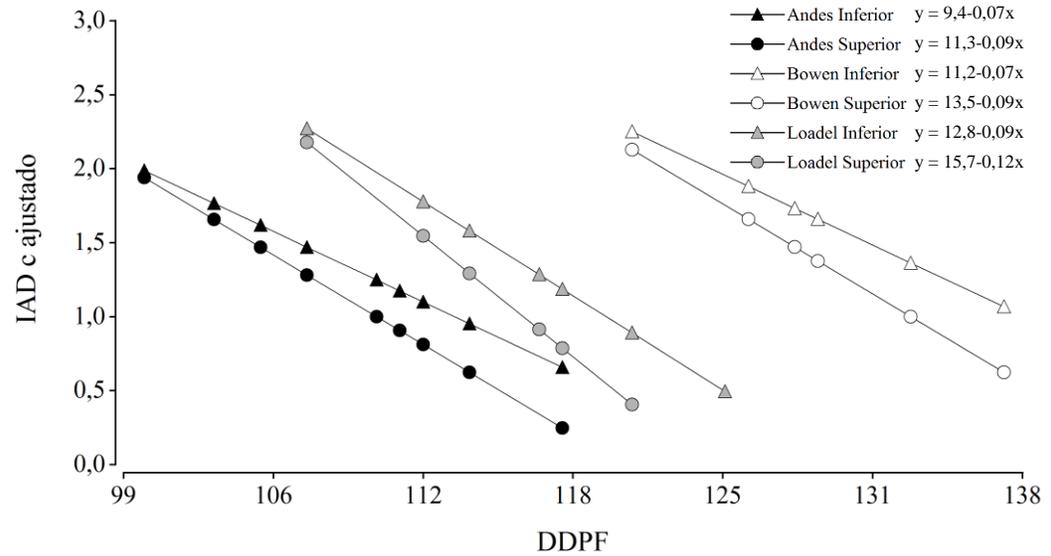


Figura 5. Evolución del I_{AD} en el campo para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

Cuadro 4. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de I_{AD} entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio I_{AD}	I_{AD} al quiebre de color	I_{AD} a cosecha
	$u I_{AD}/\text{día}$	$u I_{AD}$	$u I_{AD}$
Andes	0,02*	0,05 ^{NS}	0,41**
Loadel	0,03***	0,09*	0,59***
Bowen	0,02**	0,12*	0,44***

*,**,*** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, 0,01 y 0,001, respectivamente.

^{NS} No significativo

El crecimiento del fruto fue lineal durante las 2 últimas semanas de la fase III (Figura 6). En ‘Andes’ y ‘Bowen’ los frutos inferiores presentaron la misma tasa de crecimiento que los frutos superiores, no obstante se apreciaron diferencias en el inicio del quiebre de color. Por el contrario, ‘Loadel’ mostró distinta tasa de crecimiento entre secciones (Cuadro 5). De todas formas, a cosecha, en las tres variedades, la fruta de la parte superior de la copa fue significativamente de mayor diámetro que los frutos de la parte inferior.

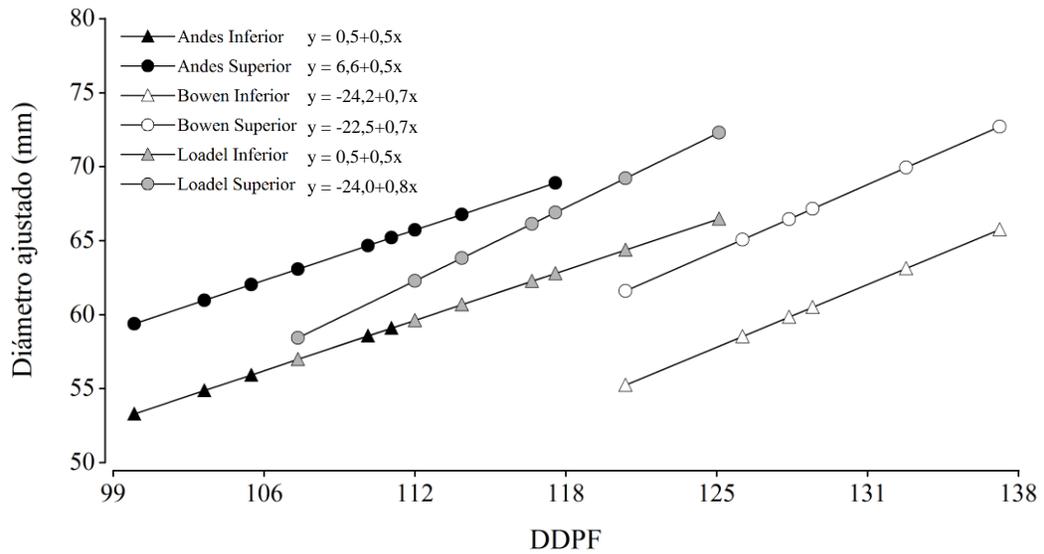


Figura 6. Evolución del diámetro ecuatorial (mm) en el campo para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

Cuadro 5. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de diámetro (mm) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio diámetro	Diámetro al quiebre de color	Diámetro a cosecha
	mm/día	mm	mm
Andes	0,0 ^{NS}	-6,1 ^{***}	-6,1 ^{***}
Loadel	-0,2 ^{***}	-1,4 ^{NS}	-5,8 ^{***}
Bowen	-0,0 ^{NS}	-6,4 ^{***}	-7,0 ^{***}

^{***}, ^{**}, ^{*} Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

^{NS} No significativo

El peso del fruto estimado a partir del diámetro ecuatorial en el campo, dada la alta correlación ($r=0,98$) entre ambas variables (Apéndice II), permitió cuantificar las diferencias en el peso del fruto (Figura 7). Los frutos de la sección superior del árbol se destacaron por presentar mayor peso, alcanzando a cosecha entre 30 a 50 gramos más que la sección inferior (Cuadro 6). En 'Loadel' y 'Bowen' se encontraron diferencias significativas en la tasa de cambio. Por el contrario, en 'Andes' las diferencias en peso se presentaron desde el inicio del quiebre de color.

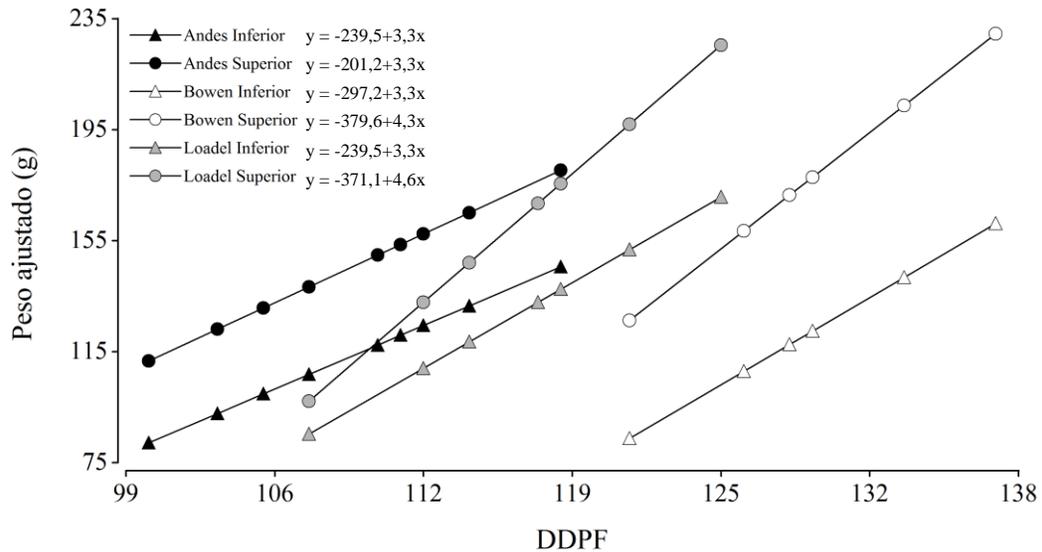


Figura 7. Evolución del peso (g) en el campo, estimado a partir del diámetro ecuatorial, para frutos de la zona inferior y superior del árbol, en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

Cuadro 6. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de peso (g) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio de peso	Peso al quiebre de color	Peso a cosecha
	g/día	g	g
Andes	0,0 ^{NS}	-38,3 ^{***}	-38,3 ^{***}
Loadel	1,3 ^{***}	-8,9 ^{NS}	-32,2 ^{***}
Bowen	1,0 [*]	-36,3 ^{***}	-52,0 ^{***}

*** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

^{NS} No significativo

En el caso de la saturación, valores altos de saturación indican una mayor pureza del tono, es decir, colores más vivos y, por el contrario, valores bajos reflejan lo opuesto, menor pureza, colores pálidos. Concretamente, las tasas de cambio de saturación en las tres variedades no se afectaron por la posición del fruto (Cuadro 7). En 'Andes', no existió un incremento en el tiempo, pero de todas formas se detectaron diferencias entre las secciones. La saturación entre las secciones en 'Loadel' sólo difiere a la cosecha, y en 'Bowen' no se encontraron diferencias estadísticas. En términos generales, los frutos de colores más opacos pertenecieron a la sección inferior del árbol (Figura 8).

La tonalidad, evaluada mediante el ángulo hue, significa que frutos con valores angulares cercanos a 0° expresan el color rojo, 60° el color naranja, 90° el color amarillo y 180° el color verde (McGuire, 1992). En 'Loadel' y 'Bowen', la tasa de cambio de la tonalidad fue distinta para cada sección, siendo mayor la tasa de caída en los frutos superiores (Figura 8). En el

caso de ‘Andes’, las diferencias se presentaron desde el inicio del quiebre. Cabe destacar que a la cosecha, en las tres variedades, los frutos superiores expresaron menores valores de tonalidad que los frutos inferiores, es decir, colores más cercanos al naranja (Cuadro 7).

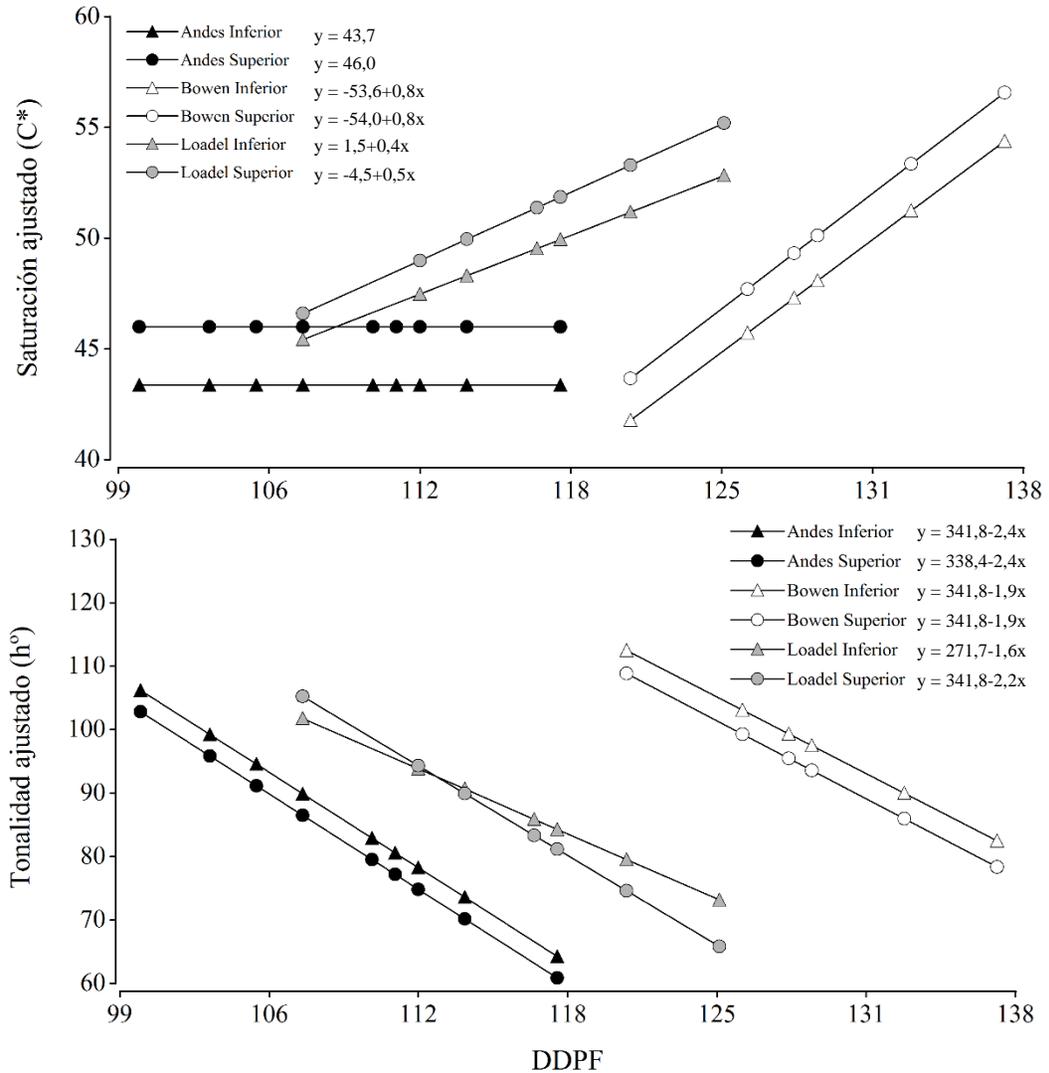


Figura 8. Evolución de los componentes del color de fondo de la piel, saturación (C*) y tonalidad (h°), para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

Cuadro 7. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de saturación (C*) y tonalidad (h°) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

		Diferencia entre secciones		
		Tasa de cambio C*/día y h°/día	Al quiebre de color C* y h°	A cosecha C* y h°
Saturación	Andes	-	-2,6***	-2,6***
	Loadel	-0,07 ^{NS}	-1,2 ^{NS}	-2,4*
	Bowen	-0,02 ^{NS}	-1,9 ^{NS}	-2,2 ^{NS}
Tonalidad	Andes	0,00 ^{NS}	3,4**	3,4**
	Loadel	0,62***	-3,6 ^{NS}	7,6***
	Bowen	0,03**	3,3**	3,7**

, Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, 0,01 y 0,001, respectivamente.

^{NS} No significativo

En la evolución de los sólidos solubles no hubo cambios significativos, a excepción de 'Loadel' en la sección superior (Figura 9). Con respecto a la comparación entre secciones, en las tres variedades, los frutos superiores presentaron una mayor concentración de azúcares (Cuadro 8), alcanzando a cosecha entre 1 a 2% más que los frutos inferiores.

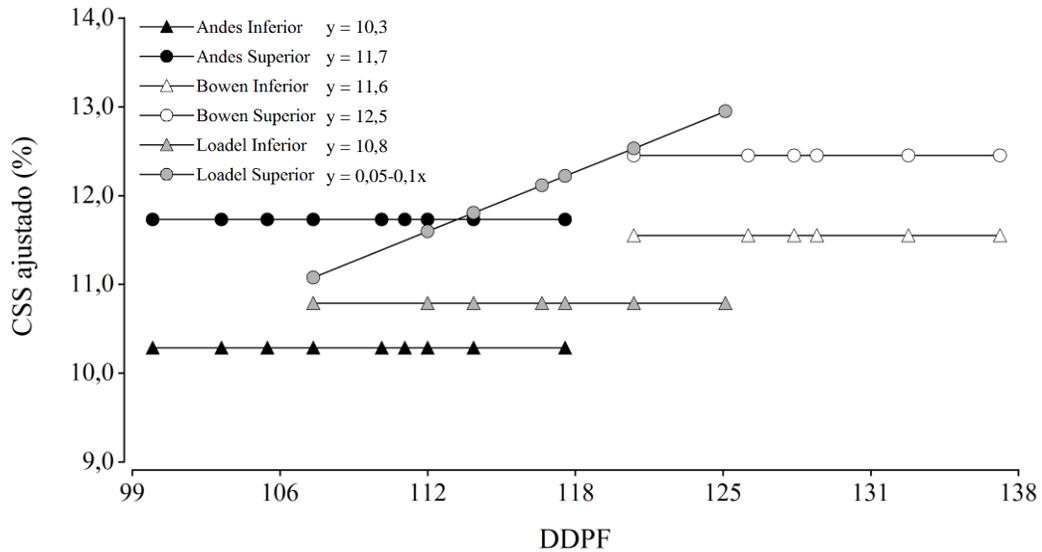


Figura 9. Evolución de la concentración de sólidos solubles (%) para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

Cuadro 8. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de la concentración de sólidos solubles (%) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio CSS	CSS al quiebre de color	CSS a cosecha
	%/día	%	%
Andes	-	-1,5***	-1,5***
Loadel	0,1***	-0,3 ^{NS}	-2,2***
Bowen	-	-0,9***	-0,9***

*** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

^{NS} No significativo

En 'Loadel' y 'Bowen' no se encontraron diferencias significativas en la firmeza de la pulpa en relación a la posición del fruto (Cuadro 9). Sin embargo, en 'Andes', aunque con la misma tasa de pérdida de firmeza, los frutos superiores se ablandaron antes que los frutos de la zona inferior del árbol (Figura 10).

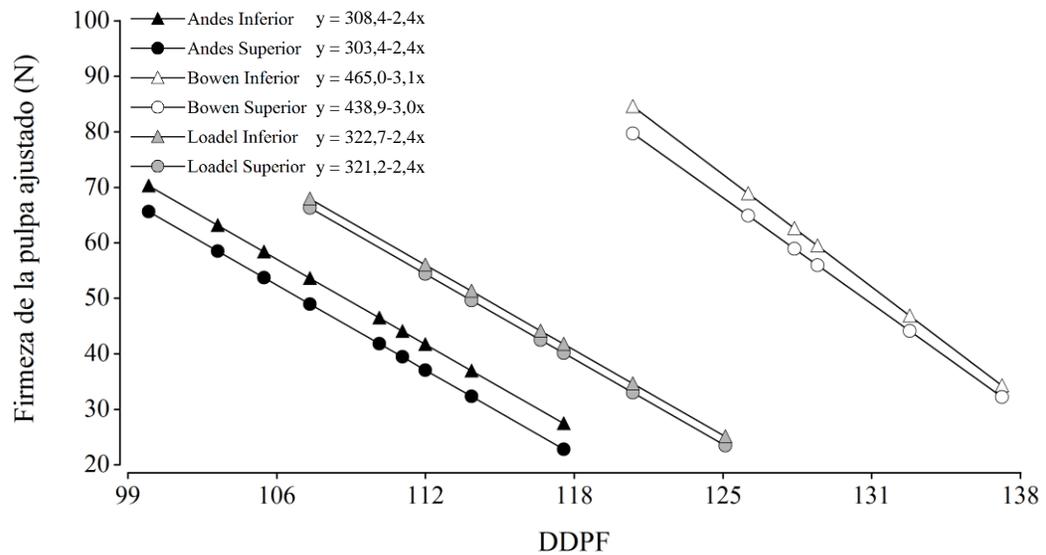


Figura 10. Evolución de la firmeza de la pulpa (N) para frutos de la zona inferior y superior del árbol en variedades Andes, Bowen y Loadel. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

Cuadro 9. Diferencias en la tasa de cambio y el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha de la firmeza de la pulpa (N) entre la sección inferior y superior, en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio firmeza	Firmeza al quiebre de color	Firmeza a cosecha
	N/día	N	N
Andes	0,0 ^{NS}	4,6 ^{***}	4,6 ^{***}
Loadel	0,0 ^{NS}	1,6 ^{NS}	1,6 ^{NS}
Bowen	-0,2 ^{NS}	4,9 ^{NS}	2,1 ^{NS}

*** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, 0,01 y 0,001, respectivamente.

^{NS} No significativo

Caracterización lumínica

La luminosidad, expresada como la fracción de PAR_{ni} , respecto a la radiación incidente sobre el huerto (PAR_0), muestra diferencias en el ambiente lumínico para los frutos de cada sección (Figura 11).

Las mediciones a 0,4 m y 1,7 m del nivel del suelo, determinaron la fracción de PAR interceptada por el árbol y por la sección superior, respectivamente, resultando por diferencia la radiación interceptada de la sección inferior. En las distintas variedades, la fracción de radiación interceptada por la sección superior fue de 30 a 42%, respecto de la sección inferior, del 19 a 23% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Radiación incidente (PAR_0) y fracción de radiación interceptada (PAR_i) en el árbol y en las secciones inferior y superior, para las variedades Andes, Bowen y Loadel, durante la temporada 2011/2012.

Variedad	PAR_0	Fracción de PAR_i		
		Árbol	Superior	Inferior
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	----- % -----		
Andes	959,78	61	42	19
Loadel	862,36	49	30	19
Bowen	961,95	55	32	23

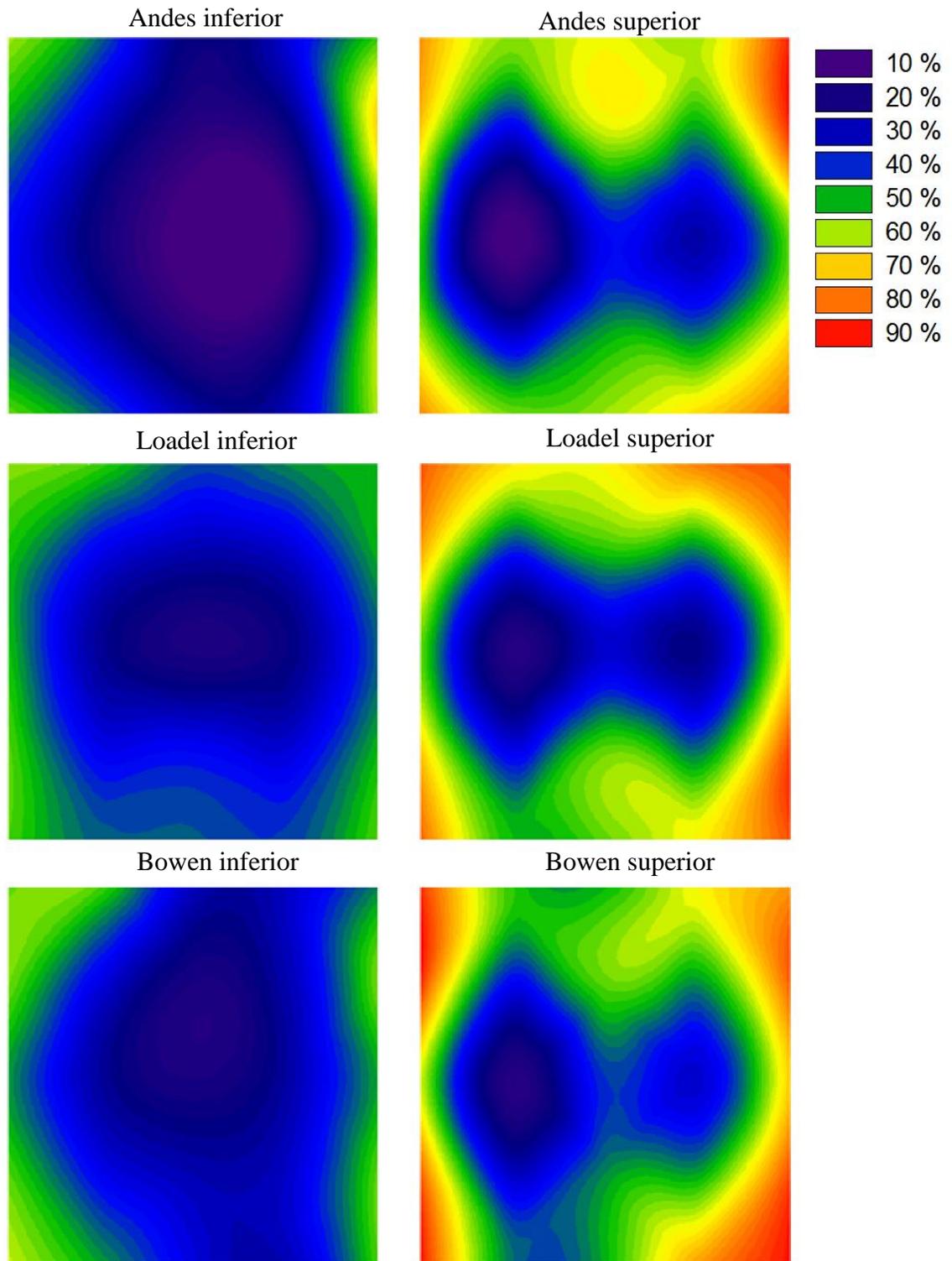


Figura 11. Fracción del PAR_{ni} con respecto a la radiación incidente sobre el huerto (PAR_0) en la sección inferior y superior, evaluada a dos alturas (0,4 m y 1,7 m del suelo), en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

DISCUSIÓN

La variación en la fecha de cosecha entre años, para una misma variedad, confirma la fuerte influencia del clima en el desarrollo del fruto. Al respecto, DeJong (2006) señala que la tasa de desarrollo de los frutos se encuentra altamente correlacionada con la acumulación de calor en los 30 días después de plena flor, por consiguiente, el mayor GDH en la temporada 2011/2012 determinó un desarrollo de fruto más rápido y, por lo tanto, una cosecha más temprana respecto del año anterior.

Para entender el efecto de la posición en el crecimiento y maduración se debe considerar la variabilidad de la edad de los frutos (Tijskens *et al.*, 2007). Al respecto, las primeras flores en duraznero están principalmente en la parte superior y exterior de la copa (Corelli Grapadelli y Coston, 1991), por ende, los frutos superiores partirían con cierta ventaja en el crecimiento en comparación con los inferiores, diferencias que se pueden acentuar durante el transcurso de la temporada, dependiendo de las condiciones de desarrollo de los frutos.

En relación al tamaño del fruto a la cosecha, éste fue mayor en la zona superior en las tres variedades del estudio, lo que coincide con Caruso *et al.* (2001). Varios autores señalan que se debería al efecto de la luz, pues en la parte superior se presentan condiciones de mejor exposición lumínica, lo que permitiría una mayor producción y abastecimiento de asimilados hacia los frutos (Luchsinger *et al.*, 2002; Farina *et al.*, 2005; Dussi *et al.*, 2009). Además, existiría un efecto por parte de la transpiración, ya que los frutos más expuestos poseen una mayor tasa de transpiración, en consecuencia, un mayor flujo de agua y asimilados que aumentaría la materia seca y la concentración de sólidos solubles (Morandi *et al.*, 2010). A pesar de lo anterior, cabe señalar que la tasa de crecimiento no fue distinta entre las secciones en 'Andes', pero sí se observaron importantes diferencias previas al quiebre de color en 'Andes' y 'Bowen'. Según Marini *et al.* (1991), la luz sería más determinante en la mitad de la fase III de crecimiento de fruto para el tamaño y calidad de los frutos. Pero otras observaciones confirman que la tasa de crecimiento de frutos individuales es sensible al sombreado temprano, reduciéndose el tamaño del fruto desde 4 semanas después de floración (Lakso y Corelli Grappadelli, 1992).

Es evidente que la luz explica parte de la variabilidad dada por la posición, ya que determina el abastecimiento de asimilados desde temprano en el desarrollo de fruto, pero existen otros factores que acentúan las diferencias (Iacona *et al.*, 2006; Basile *et al.*, 2007). Precisamente, 3 a 4 semanas después de plena flor comienza el período crítico de limitación de asimilados, extendiéndose hasta la cosecha en variedades tempranas, como Andes, y presente en la fase I y en la fase III en variedades de media estación, como Loadel y Bowen (Grossman y DeJong, 1995). En general, los efectos de esta limitación se amplifican en conserveros, ya que existe una menor disponibilidad de asimilados debido a la alta carga frutal con que se manejan (Costa y Vizzotto, 2000; Basile *et al.*, 2007). Junto con lo anterior, y en particular con 'Andes' y 'Bowen', que son variedades de alta carga inicial, por lo que se presentan condiciones más limitantes para el crecimiento de fruto desde la fase I (Ojer *et al.*, 2001), siendo crítico para los frutos inferiores. Al contrario, en 'Loadel' se ha reportado menor carga

inicial (Ojer *et al.*, 2011) y una competencia entre brotes y frutos pequeños no tan relevante (Basile *et al.*, 2007).

La concentración de sólidos solubles en las tres variedades fue notablemente mayor en la parte superior del árbol, confirmando lo reportado por Lewallen y Marini (2003) y Luchsinger *et al.* (2002). La causa, ya mencionada anteriormente, es porque los frutos superiores presentan las mejores condiciones para la obtención de asimilados en contraste con los inferiores. Los azúcares solubles se mantienen constante en el transcurso de las últimas 2 semanas de la fase III de crecimiento en 'Andes' y 'Bowen'. Según Vizzotto *et al.* (1996), en etapas tempranas del desarrollo existe una mayor concentración de azúcares reductores, glucosa y fructosa, debido al activo catabolismo del sorbitol y sacarosa para los procesos de división celular y síntesis de paredes celulares, pero ya en etapas más avanzadas la sacarosa se comienza a acumular, aumentando progresivamente en el fruto, y la glucosa y fructosa van disminuyendo. Esto indica que la concentración de sólidos solubles no necesariamente refleja el comportamiento de los azúcares, ya que sólo determina la proporción total. Por otro lado, en 'Loadel' superior se observó que los sólidos solubles se incrementaron. La explicación estaría dada por la estrecha relación existente entre la actividad de ciertas enzimas y el crecimiento del fruto; como 'Loadel' superior presentó una mayor tasa de crecimiento, probablemente existió un aumento en la degradación del almidón y/o una mayor acumulación de sacarosa (Lo Bianco y Rieger, 2002).

La caída del I_{AD} coincide con el cambio de color de fondo en las tres variedades, la cual ocurre aproximadamente 15 a 10 días antes de la fecha de cosecha, como lo explica Marini *et al.* (1991). Asimismo, en todas las variedades los frutos superiores perdieron clorofila más rápido que los inferiores, siendo las tasas de cambio de I_{AD} diferentes estadísticamente entre secciones. Lo anterior concuerda con lo obtenido por Kuckenberg *et al.* (2008), quienes determinaron que la degradación de clorofila ocurre más rápido en frutos expuestos al sol. Paralelamente, los resultados de la evolución del color de fondo de la piel demostraron que los frutos superiores expresan a la cosecha menores valores de tono, más cercanos al naranja, y mayor saturación, colores más vivos, lo que concuerda con Alcobendas *et al.* (2012). Aunque la pérdida de clorofila y la síntesis de pigmentos durante la maduración no son interdependientes, de acuerdo a Seymour *et al.* (1993), para que el color se exprese más puro y con mayor tono se necesita de una total degradación de la clorofila. Es por ello que en la cosecha, los frutos de la sección inferior del árbol presentaron un mayor I_{AD} y una menor expresión de carotenoides, en comparación con los frutos superiores, siendo los resultados ratificados por Ferrer *et al.* (2005) y Merzlyak *et al.* (2002).

La firmeza de la pulpa no mostró diferencias significativas entre los sectores del árbol en las variedades Loadel y Bowen. Los resultados concuerdan con lo obtenido en manzanos, por Kuckenberg *et al.* (2008), y en duraznos, por He *et al.* (2008), Dussi *et al.* (2009) y Alcobendas *et al.* (2012), quienes indican que la firmeza de la pulpa no es afectada por la posición del fruto en el árbol. Sin embargo, en 'Andes' sí se encontraron diferencias entre las secciones; desde un inicio la firmeza de la pulpa fue menor en los frutos superiores, manteniéndose a la cosecha, como también lo reportan Remorini *et al.* (2006).

Concretamente, es posible afirmar que no hubo diferencia en la tasa de pérdida de firmeza entre las secciones en las tres variedades, pero se observó la tendencia clara de que los frutos superiores comenzaron a ablandarse antes, destacándose ‘Andes’. Según Eccher Zerbini *et al.* (2006), una parte de la variabilidad en los valores de firmeza se explica por la diferente edad de los frutos; con ello los frutos más jóvenes llegarán a la fase de ablandamiento más tarde que los más tempranos. De hecho, Bonora (2013) comprobó que los frutos sombreados pueden retrasarse 7 días en alcanzar madurez comercial en comparación con los frutos expuestos.

Aunque la caracterización del ambiente lumínico se realizó sólo en la segunda temporada, fue posible observar y cuantificar las diferencias en luminosidad entre las secciones. Estos resultados confirmarían que la intensidad lumínica afecta la fotosíntesis y, por tanto, el crecimiento y desarrollo de los frutos. De acuerdo a estimaciones de Dussi *et al.* (2009), se requieren de una fracción de PAR_i mayor al 30% para alcanzar frutos con un peso y color aptos para ser comercializables; menor fracción de PAR_i que el 30% afectaría la calidad de los frutos (He *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones experimentales en que se realizó esta investigación, se puede concluir que:

La posición del fruto en la copa afecta el tamaño del fruto, la concentración de sólidos solubles, el I_{AD} , la tonalidad y la saturación del color de fondo en duraznos conserveros.

Existe un grado de madurez más avanzado en los frutos superiores.

La tasa de pérdida de la firmeza de frutos de distintas zonas del árbol no es diferente; las diferencias en firmeza son efecto de la edad de éstos.

La diferencia entre secciones en el tamaño del fruto, la concentración de sólidos solubles, el I_{AD} y el color de fondo depende de las condiciones de desarrollo.

LITERATURA CITADA

Alcobendas, R.; J. Mirás-Avalos; J. Alarcón; F. Pedrero and E. Nicolás. 2012, jul. Combined effects of irrigation, crop load and fruit position on size, color and firmness of fruits in an extra-early cultivar of peach. *Scientia Horticulturae*, 142: 128-135.

Basile, B.; L.I. Solari and T.M. DeJong. 2007, mar. Intra-canopy variability of fruit growth rate in peach trees grafted on rootstocks with different vigour-control capacity. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82(2): 243-256.

Benítez, C. and F. Duprat. 1998, sep. Fruit placement on the tree and its influence on maturity and quality of pears. *Acta Horticulturae*, 475: 527-533.

Bible, B. and S. Singha. 1993, oct. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. *HortScience*, 28(10): 992-993.

Bonora, E. 2013. Modeling systems and vis/NIR device to improve peach and nectarine pre and post-harvest fruit maturity management. Doctorate in Arboreal Crops and Ornamental Agrosystems Forestry and Landscape. Bologna, Italy: University of Bologna. 128p.

Caruso, T.; P. Inglese; C. Di Vaio and L. Pace. 2001, jul.-sep. Effect of different fruit-thinning patterns on crop efficiency and fruit quality for greenhouse-forced “May Glo” nectarine trees. *HortTechnology*, 11(3): 412-415.

Corelli Grappadelli, L. and D. C. Coston. 1991, dec. Thinning pattern and light environment in peach tree canopies influence fruit quality. *HortScience*, 26(12): 1464-1466.

Costa, G. and G. Vizzotto. 2000, may. Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regulation*, 31: 113-119.

Crisosto, C.; S. Johnson; T. DeJong and K. Day. 1997, aug. Orchard factors postharvest stone fruit quality. *HortScience*, 32(5): 820-823.

Crisosto, C.; G. Mitchell and S. Johnson. 1995. Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News and Information*, 6(2): 17- 21.

DeJong, T. M. 2006, jul. Physiological and developmental principles of peach tree and fruit growth related to management practices. *Acta Horticulturae*, 713: 161-167.

Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Drogoudi, P. and G. Pantelidis. 2011, jul. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 129(4): 752-760.

Dussi, M. C.; G. Giardina; G. Giménez; P. Reeb; K. Zon y J. Nyeki. 2009, jun. Influencia de la interceptación lumínica en el desarrollo vegetativo y productivo de durazneros cv. Elegant Lady. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 41(1): 155-164.

Dussi, M. C.; G. Giardina; D. Sosa; R. González; A. Zecc and P. Reeb. 2005, jun. Shade nets effect on canopy light distribution and quality of fruit and spur leaf on apple cv. Fuji. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 3(2): 253-260.

Eccher Zerbini, P.; M. Vanoli; M. Grassi; A. Rizzolo; M. Fibiani; R. Cubeddu; *et. al.* 2006, mar. A model for the softening of nectarines based on sorting fruit at harvest by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 39(3): 223-232.

Farina, V.; R. Lo Bianco and P. Inglese. 2005, jun. Vertical distribution of crop load and fruit quality within vase- and Y-shaped canopies of “Elegant Lady” peach. *HortScience*, 40(3): 587-591.

Ferrer, A.; S. Remón; A. Negueruela and R. Oria. 2005, jul. Changes during the ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. *Scientia Horticulturae*, 105(4): 435-446.

Forlani, M.; B. Basile; C. Cirillo and C. Iannini. 2002, nov. Effects of harvest date and fruit position along the tree canopy on peach fruit quality. *Acta Horticulturae*, 592: 459-466.

George, A., S. Hieke, T. Rasmussen and P. Lüdders. 1996, jul. Early shading reduces fruit yield and late shading reduces quality in low-chill peach in subtropical Australia. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 71(4): 561-571.

Grossman, Y. and T. DeJong. 1995, jun. Maximum fruit growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. *Annals of Botany*, 75: 553-560.

Guiani, A.; E. Onelli; R. Aina; M. Cocucci and S. Citterio. 2011, apr. A comparative study of melting and non-melting flesh peach cultivars reveals that during fruit ripening endopolygalacturonase (endo-PG) is mainly involved in pericarp textural changes, not in firmness reduction. *Journal of Experimental Botany*, 62(11): 4043-4054.

He, F.; F. Wang; Q. Wei; X. Wang and Q. Zhang. 2008, mar. Relationships between the distribution of relative canopy light intensity and peach yield and quality. *Agricultural Sciences in China*, 7(3): 297-302.

Iacona, C.; M. Bernardini; F. Loreti and R. Muleo. 2006, jul. Solar radiation affects “Stark Redgold” nectarine fruit growth and development. *Acta Horticulturae*, 713: 209-215.

- Kuckenbergh, J.; I. Tartachnyk and G. Noga. 2008, may. Evaluation of fluorescence and remission techniques for monitoring changes in peel chlorophyll and internal fruit characteristics in sunlit and shaded sides of apple fruit during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2): 231-234.
- Lakso, A. and L. Corelli Grappadelli. 1992, oct. Implications of pruning and training practices to carbon partitioning and fruit development in apple. *Acta Horticulturae*, 322: 231-239.
- Layne, D.; Z. Jiang and J. Rushing. 2001, apr.-jun. Tree fruit reflective film improves red skin coloration and advances maturity in peach. *HortTechnology*, 11(2): 234-242.
- Lewallen, K. 2000. Effects of light availability and canopy position on peach fruit quality. Master of Science in Horticulture. Virginia, USA: Department of Horticulture, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. 47p.
- Lewallen, K. and R. Marini. 2003, mar. Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(2): 163-170.
- Lo Bianco, R. and M. Rieger. 2002, mar. Roles of sorbitol and sucrose in growth and respiration of 'Encore' peaches at the three development stages. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(2): 297-302.
- Luchsinger, L.; P. Ortín; G. Reginato and R. Infante. 2002, nov. Influence of canopy fruit position on the maturity and quality of 'Angelus' peaches. *Acta Horticulturae*, 592: 515-521.
- Lurie, S. and C. Crisosto. 2005, sep. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 37(3): 195-208.
- Lurie, S.; H. Friedman; A. Weksler; A. Dagar and P. Eccher Zerbini. 2013, feb. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 10-16.
- Maness, N.; G. Brusewitz and T. McCollum. 1992, aug. Internal variation in peach fruit firmness. *HortScience*, 27(8): 903-905.
- Marini, R.; D. Sowers and M. Marini. 1991, may. Peach fruit quality is affected by shade during final swell of fruit growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(3): 383-389.
- McGuire, R. 1992, dec. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12): 1254-1255.

Merzlyak, M.; A. Solovchenko and O. Chivkunova. 2002, jun.-aug. Patterns of pigment changes in apple fruit during adaptation to high sunlight and sunscald development. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(6-8): 679-684.

Morandi, B.; L. Manfrini; P. Losciale; M. Zibordi and L. Corelli Grappadelli. 2010, sep. The positive effect of skin transpiration in peach fruit growth. *Journal of Plant Physiology*, 167(13): 1033-1037.

Morandi, B.; L. Corelli Grappadelli; M. Rieger and R. Lo Bianco. 2008, jun. Carbohydrate availability affects growth and metabolism in peach fruit. *Physiologia Plantarum*, 133(2): 229-241.

Nilsson, T. and K. Gustavsson. 2007, jan. Postharvest physiology of “Aroma” apples in relation to position on the tree. *Postharvest Biology and Technology*, 43(1): 36-46.

Ojer, M.; F. Vallejos y G. Reginato. 2011. Variedades. (cap. 4, pp.31-42). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Ojer, M; G. Reginato y C. Arjona, C. 2001, nov. Incidencia de la carga inicial de frutos sobre la producción y la calidad de frutos en duraznero cv. Bowen. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal*, 16(1): 25-34.

Ortín, S. 2004. Efecto de la posición de los frutos en duraznero sobre la madurez y la calidad a cosecha. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención en Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 101h.

Remorini, D.; F. Loreti and R. Massai. 2006, jul. Determination of maturity stage and fruit quality in peach by skin's optical properties. *Acta Horticulturae*, 713: 471-476.

Seymour, G.; J. Taylor and G. Tucker (Eds.). 1993. Biochemistry of fruit ripening. London, UK: Chapman and Hall. 454p.

Tijksens, L.M.M.; P. Eccher Zerbini; R.E. Schouten; M. Vanoli; S. Jacob; M. Grassi; *et. al.* 2007, aug. Assessing harvest maturity in nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, 45(2): 204-213.

Vizzotto, G.; R. Pinton; Z. Varanini and G. Costa. 1996, oct. Sucrose accumulation in developing peach fruit. *Physiologia Plantarum*, 96(2): 225-230.

APÉNDICE II

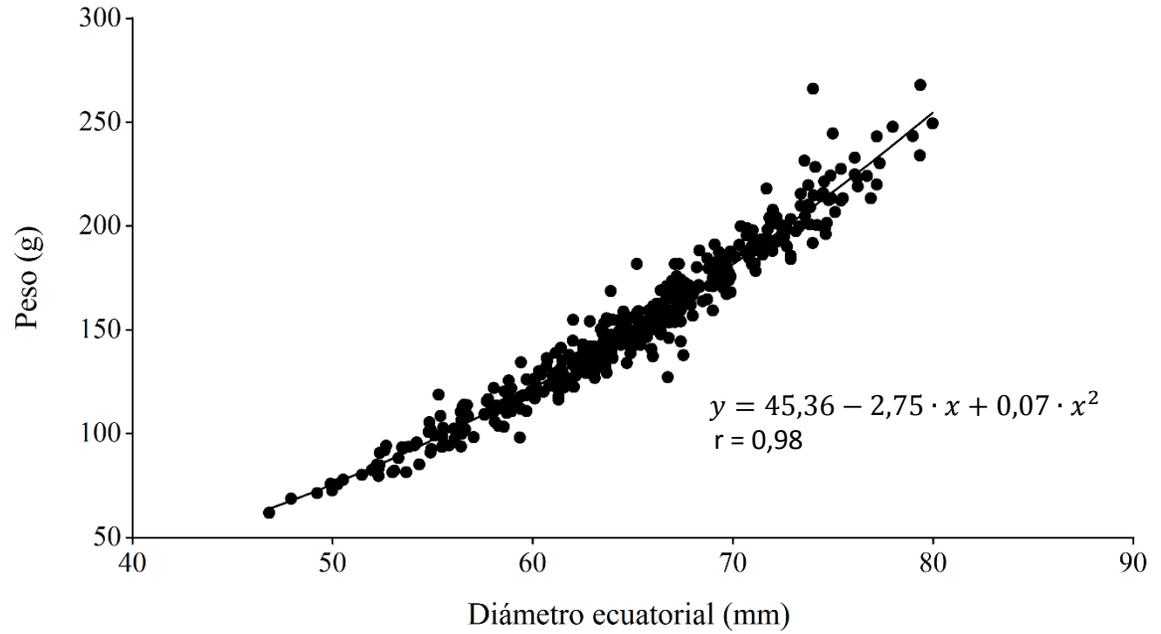


Figura 1. Peso del fruto (g) en función de su diámetro ecuatorial (mm), para duraznos conservados.

CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO DE DURAZNOS CONSERVEROS, MEDIANTE EL USO DEL INSTRUMENTO NO DESTRUCTIVO “DA-METER”

RESUMEN

Con el propósito de incorporar métodos objetivos para iniciar la cosecha, se evaluó el uso del instrumento portátil DA-meter, que determina la diferencia de absorbancia de la clorofila (I_{AD}) en la piel del fruto, durante las temporadas 2010-2011 y 2011-2012, en tres variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch): Andes, Loadel y Bowen. En la primera temporada, durante 2 semanas, hasta la cosecha comercial, se muestrearon semanalmente 30 frutos, los que fueron trasladados al Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta de la Universidad de Chile, donde se evaluaron: I_{AD} , firmeza de la pulpa (N), concentración de sólidos solubles (%), y tonalidad (h°) y saturación (C^*) del color de piel. En la segunda temporada, durante 2 semanas, hasta la cosecha comercial, se colectaron 20 frutos dos veces a la semana, y se determinaron los mismos parámetros de madurez, además de I_{AD} y tonalidad de la pulpa y el color de fondo con la Tabla de color ASOEX. Mediante análisis de correlación y regresión, se determinó la relación entre los parámetros, y con un árbol de clasificación y regresión (CART) se establecieron los rangos de I_{AD} para cada categoría de la tabla de color.

Existieron asociaciones lineales significativas entre el I_{AD} y firmeza de la pulpa, y con saturación y tonalidad del color de fondo. Para cada variedad, se describieron las relaciones entre la tonalidad de la pulpa y la piel a través de modelos no lineales; las relaciones del I_{AD} de la pulpa y la piel se ajustaron mediante modelos lineales. En síntesis, con el instrumento DA-meter es posible determinar el estado de madurez en duraznos conserveros.

Palabras clave: Color de pulpa, firmeza de pulpa, índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), vis/NIRs.

ABSTRACT

In order to incorporate objective methods to start harvest, the use of DA-meter portable device, that measure the index of absorbance difference (I_{AD}) in fruit skin, was assessed during 2010-2011 and 2011-2012 seasons, in three canning peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars: Andes, Loadel and Bowen. In the first season, during the two weeks previous to harvest, 30 fruits were sampled weekly and taken to the laboratory, where I_{AD} , flesh firmness (N), soluble solids content (%), hue (h°) and chroma (C^*) of the skin color was measured. In the second season, during the two weeks previous to harvest, 20 fruits were collected twice a week and the same parameters were determined, besides I_{AD} and hue of the flesh, and background color with the ASOEX color table. The relation between parameters were determined by means of correlation and regression analysis; the ranges of I_{AD} for each color table category were established with a classification and regression tree (CART).

There were significant linear associations between I_{AD} and flesh firmness and between background chroma and hue. For each cultivar, the relations between flesh and skin hue were described through nonlinear models; the relations between of the I_{AD} flesh and skin were adjusted by linear models. In synthesis, the DA-meter device can determine the maturity of canning peaches.

Keywords: flesh color, flesh firmness, index of absorbance difference (I_{AD}), vis/NIRs.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas en el manejo de un huerto es la determinación del momento óptimo de cosecha (Tijskens *et al.*, 2007), factor clave para la calidad del producto final (Infante, 2012). El color y la firmeza de la pulpa, reconocidos atributos en duraznos conserveros (Drogoudi y Tsipouridis, 2007), perderán importancia si es que no existe el correcto grado de madurez para entrar a proceso.

Para optimizar la elección de la fecha de cosecha es necesaria alguna indicación del estado de madurez de la fruta (Tijskens *et al.*, 2007). Los parámetros usados para determinar cosecha son, generalmente, tamaño de fruto y color de fondo de la piel (Eccher Zerbini *et al.*, 1994; Kader, 1999), mientras que la firmeza de la pulpa y la concentración de sólidos solubles pueden ser considerados adicionalmente (Kader, 1999).

En el uso del color de fondo existen numerosos conflictos en la literatura, ya que la correlación entre la medición del color, composición de los pigmentos, madurez fisiológica y apreciación visual, en varios casos, no se relaciona con el real estado de madurez de los frutos (Ferrer *et al.*, 2005). Al respecto, Lewallen y Marini (2003) señalan que el color de fondo no es un índice satisfactorio para definir la madurez, debido a que frutos con aparentemente un mismo color presentan una amplia variabilidad en términos de firmeza de la pulpa, concentración de sólidos solubles y acidez titulable.

Por el contrario, la firmeza de la pulpa sí tiene una directa relación con el estado de madurez del fruto y la calidad del producto final (Crisosto *et al.*, 2007; Ojer *et al.*, 2011) y los frutos deben ser cosechados firmes, de manera de resistir los golpes en el transporte, los daños en operaciones de pelado y la desintegración de la pulpa durante el proceso térmico (Mitchell y Kader, 1989; Slaughter *et al.*, 2006).

Actualmente, la necesidad de incorporar métodos objetivos en la determinación de la intensidad de color y relacionar parámetros que indiquen el grado de madurez de los frutos, como la firmeza, con índices externos no destructivos, se vuelve imprescindible para mejorar la elección del momento de inicio de cosecha (Ojer *et al.*, 2011). Recientemente, un instrumento vis/NIRs portátil llamado DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia) fue desarrollado usando el índice de diferencia de absorbancia (I_{AD}) de la clorofila de la piel del fruto, el cual es calculado como $I_{AD} = A_{670} - A_{720}$, cercano al “peak” de absorbancia de la clorofila-a, donde los valores A son la absorbancia en las longitudes de onda de 670 y 720 nm, respectivamente (Ziosi *et al.*, 2008). El I_{AD} permite una indirecta determinación de la concentración de clorofila en la piel del fruto (Lurie *et al.*, 2013) y se puede relacionar con la producción de etileno (Ziosi *et al.*, 2008).

Si bien el uso del I_{AD} para predecir madurez ha sido validado en duraznos (Ziosi *et al.*, 2008; Bonora *et al.*, 2013; Lurie *et al.*, 2013), en duraznos conserveros resulta interesante determinar relaciones con el color de pulpa, ya que éste es el parámetro que se utiliza para determinar la madurez (Slaughter *et al.*, 2013). Además, a nivel local, no se dispone de

métodos objetivos que permitan ajustar el momento de inicio de cosecha en función del color de pulpa (Ojer *et al.*, 2011).

Dado que la calidad está directamente relacionada con el grado de madurez a cosecha, y para mejorar la gestión de cosecha de las diferentes variedades es necesario determinar, con estudios de seguimiento de la maduración, las relaciones entre los diferentes índices y la factibilidad del uso de nueva tecnología, con el fin de dirigir y optimizar la calidad de la fruta entregada a la industria (Vallejos *et al.*, 2011).

Hipótesis

El índice de la diferencia de la absorbancia (670-720 nm) (I_{AD}) de la clorofila permite determinar el estado de madurez en duraznos conserveros, medido con el DA-meter.

Objetivo

Relacionar el índice de diferencia de absorbancia (I_{AD}) de la clorofila con los parámetros de madurez en duraznos conserveros.

MATERIALES Y MÉTODO

Ubicación del estudio

El trabajo experimental se llevó a cabo durante las temporadas 2010-2011 y 2011-2012, en huertos comerciales: Fundo El Retiro, Requínoa, VI Región, propiedad de Agrofoods (34°19'49,68"S; 70°50'1,88"O) y en Univiveros, Paine, Región Metropolitana (33°48'12,57"S; 70°45'6,17"O). Las evaluaciones de parámetros de madurez se realizaron en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33°34'11,59"S; 70°37'48,86"O).

Material

En el estudio, se consideraron 3 variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch): Andes, Loadel y Bowen, injertadas sobre patrón Nemaguard, plantadas en hileras orientadas Norte-Sur y regadas por goteo. Las características de los huertos se exhiben en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Descripción de las unidades bajo ensayo.

Temporada	Variedad	Lugar	Año de plantación	Distancia de plantación	Sistema de conducción
2010/2011	Andes	Paine	2005	3 x 5 m	Vaso
	Loadel	Paine	2005	2 x 5 m	Vaso
	Bowen	Paine	2007	2 x 5 m	Vaso
2011/2012	Andes	Paine	2005	3 x 5 m	Vaso
	Loadel	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal
	Bowen	Requínoa	2007	2 x 5 m	Ípsilon transversal

Manejo del experimento

La selección de los árboles para el seguimiento se realizó al azar, en un sector del huerto en que presentaron similar desarrollo, vigor y altura, y rodeados completamente por otros árboles.

Los frutos colectados para determinar los índices de madurez fueron elegidos al azar, en diferentes posiciones de la copa, de árboles cercanos presentes en el mismo sector.

Evaluaciones

Relación entre el I_{AD} y variables de madurez

En la primera temporada se realizaron muestreos de 30 frutos semanales; en la segunda temporada se colectaron 20 frutos dos veces por semana, por variedad, durante precosecha, aproximadamente a partir de 2 semanas antes de la cosecha comercial. En cada oportunidad, los frutos fueron trasladados al laboratorio, en donde se les evaluó el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}) con el equipo DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia), medido en la zona ecuatorial más representativa del color de cada mejilla; y el color de fondo de la piel, mediante un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón), con fuente de iluminante D_{65} y un ángulo de observador de 0° , utilizando el sistema CIELab, calibrado con un estándar blanco. De la medición del color de fondo de ambas mejillas se determinaron los valores de L, a y b, y se obtuvieron los índices de tonalidad (h°) y saturación (C^*), promediando ambas caras (McGuire, 1992). También, se determinó la firmeza de la pulpa (N), con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica), en cada mejilla, previa remoción de la epidermis, utilizando un émbolo de 7,9 mm con una distancia de penetración de 10 mm. Finalmente, se obtuvo la concentración de sólidos solubles, expresándolo en porcentaje, mediante el uso de un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón), evaluando el jugo de la pulpa.

La cosecha se realizó cuando los frutos adquirieron una firmeza estimada entre 35 y 44 N, y color de fondo verde amarillento a amarillento, lo que corresponde a DN-3 y DN-4 según la Tabla de ASOEX para duraznos y nectarinas.

Color e I_{AD} de la piel y la pulpa

Durante la segunda temporada se agregaron las evaluaciones de color e I_{AD} de la pulpa a los frutos colectados de cada variedad. Para ello, posterior a la remoción de la epidermis de cada mejilla, se evaluó mediante un colorímetro portátil y el equipo DA-meter, con la misma metodología mencionada anteriormente para evaluar el color de la piel.

Relación entre el I_{AD} y la Tabla de color ASOEX

En la segunda temporada, 5 semanas antes de la cosecha comercial, se marcaron 20 frutos por árbol, en tres árboles de la variedad Andes. Dos veces por semana, se evaluaron los frutos en base a su color de fondo, con la Tabla de color ASOEX para duraznos y nectarinas, además de medir el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), con un equipo DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia), en cada mejilla del fruto. La determinación del color de fondo fue realizada por un solo evaluador y en condiciones de luz natural.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de correlación y regresión lineal y no lineal. Los modelos de regresión lineal se ajustaron para describir las relaciones del I_{AD} y tonalidad con las variables de madurez, bajo el marco teórico de Modelos Generales Lineales y Mixtos. Según el caso, el I_{AD} o la tonalidad de la piel, la variedad, y la interacción entre ellos se consideraron como efectos fijos; las temporadas se consideró como efecto aleatorio. Para la determinación de la bondad de ajuste de los modelos seleccionados se usaron los criterios de selección “Akaike Information Criterion” (AIC) y “Bayesian Information Criterion” (BIC).

Para identificar los rangos de I_{AD} para cada categoría de color de la Tabla de ASOEX para duraznos y nectarinas se efectuó un análisis de árbol de clasificación y regresión (CART). En todos los casos se utilizó el programa estadístico InfoStat versión 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS

Relación I_{AD} y variables de madurez

Se observaron correlaciones lineales significativas entre el I_{AD} y las variables de madurez (Cuadro 12) en precosecha. Cabe destacar que, en todas las variedades, las correlaciones entre I_{AD} y firmeza de la pulpa fueron positivas y altamente significativas, con valores de r , entre 0,91 y 0,90. Asimismo ocurrió con el I_{AD} y tonalidad, con valores positivos y significativos de r , entre 0,91 y 0,75. Al comparar las asociaciones, las más altas correlaciones fueron obtenidas por el I_{AD} con firmeza de la pulpa, destacándose por sobre la relación de tonalidad con firmeza de la pulpa.

En contraste, las asociaciones entre CSS y los otros índices no fueron consistentes, siendo no significativas.

Cuadro 12. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los parámetros de madurez, para tres variedades de duraznos conserveros (Andes, Loadel y Bowen), durante el periodo de precosecha de las temporadas 2010/2012.

Variedad		Coeficientes de correlación				
		I_{AD}	Saturación	Tonalidad	CSS	Firmeza
Andes	I_{AD}	1				
	Saturación	-0,27***	1			
	Tonalidad	0,88***	0,13 ^{NS}	1		
	CSS	-0,04 ^{NS}	0,19*	-0,02 ^{NS}	1	
	Firmeza	0,94***	-0,30***	0,80***	0,04 ^{NS}	1
Loadel	I_{AD}	1				
	Saturación	-0,67***	1			
	Tonalidad	0,75***	-0,17 ^{NS}	1		
	CSS	-0,15 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,27***	1	
	Firmeza	0,92***	-0,67***	0,64***	0,05 ^{NS}	1
Bowen	I_{AD}	1				
	Saturación	-0,88***	1			
	Tonalidad	0,91***	-0,77***	1		
	CSS	-0,02 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	1	
	Firmeza	0,90***	-0,84***	0,83***	0,09 ^{NS}	1

*** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$, $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

^{NS} No significativo

A partir de los resultados anteriores, se construyeron regresiones por variedad para describir el comportamiento de la firmeza de la pulpa y los componentes del color de fondo del fruto, tonalidad y saturación, en función del I_{AD} .

En la Figura 12, se observa que la firmeza de la pulpa disminuye en la medida que se reducen los valores de I_{AD} . Esta relación es lineal cuando los valores de I_{AD} son menores que 2, aproximadamente 2 semanas antes de cosecha. Sin embargo, si se consideran el I_{AD} y la firmeza de la pulpa durante la etapa III de crecimiento de fruto, la relación entre ambas variables se representa mejor mediante una curva exponencial (datos no mostrados).

Asimismo, es posible apreciar que con I_{AD} cercanos a 0,7-1,0; 0,6-0,9 y 0,4-0,8 se obtienen valores de 35-44 N de firmeza de la pulpa para la cosecha comercial en ‘Andes’, ‘Loadel’ y ‘Bowen’, respectivamente.

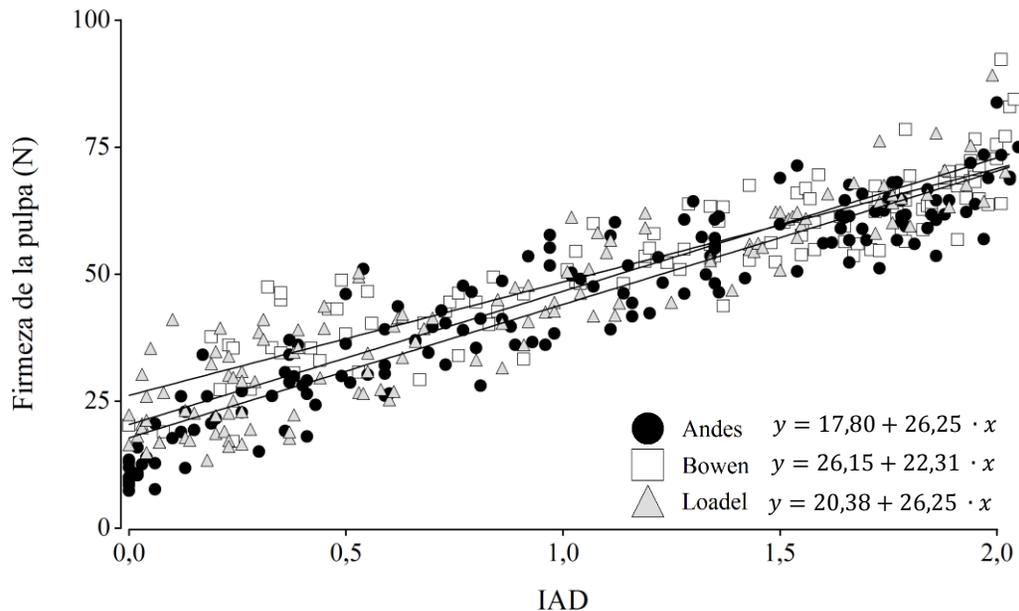


Figura 12. Firmeza de la pulpa (N) como función del I_{AD} en las variedades Andes, Loadel y Bowen durante precosecha. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.

En las figuras 13 y 14 se muestra la tonalidad y la saturación como función del I_{AD} . En el caso de la tonalidad, ante la disminución del I_{AD} , la tonalidad de la piel se reduce linealmente. Precisamente, la Figura 13 representó el cambio de coloración, observándose tanto la disminución de la clorofila como el aumento en la expresión de los carotenos. Cabe señalar que ángulos hue cercanos a 120° representan el tono verde, 90° el amarillo, 70° el naranja y 45° el rojo (McGuire, 1992).

En lo que respecta a las variedades, ‘Andes’ mostró una mayor pendiente, debido a que alcanzó una tonalidad de piel naranja rojo, ángulos de 55° - 60° , a diferencia de ‘Loadel’ y ‘Bowen’ las cuales expresaron una tonalidad máxima de amarillo naranja, con valores de hue cercanos a 75° .

En el caso de la saturación, la correlación con el I_{AD} fue negativa, destacándose un aumento de la saturación en la medida que el I_{AD} disminuye, lo que se traduce en que al disminuir la

concentración de clorofila durante la maduración, el color de fondo de la piel se vuelve más intenso; la variedad Andes se descartó del análisis, debido a la baja correlación obtenida previamente ($r=0,27$).

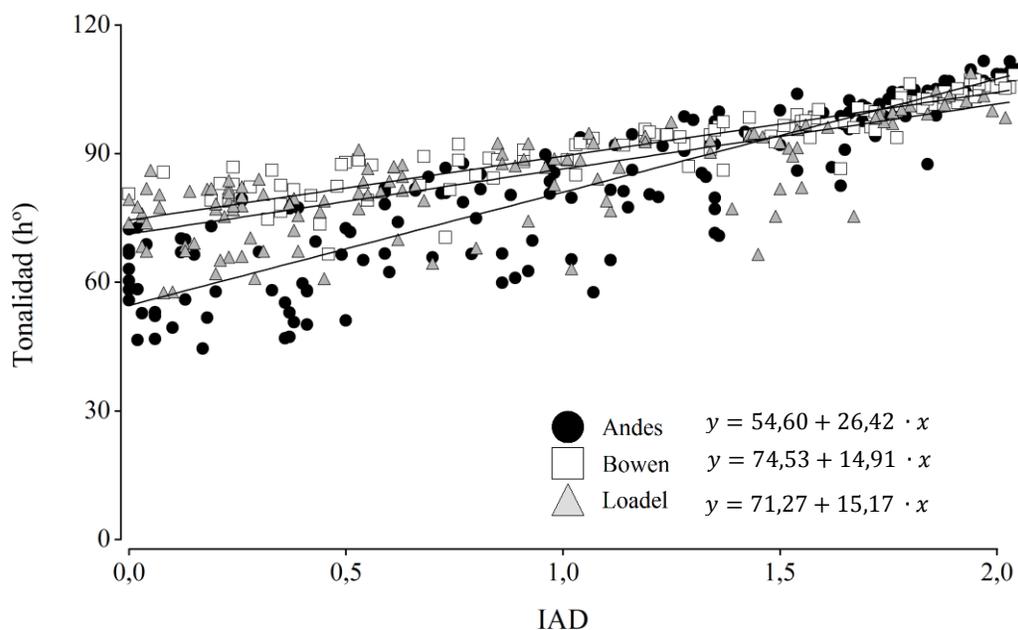


Figura 13. Tonalidad de la piel (h°) como función del I_{AD} en las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.

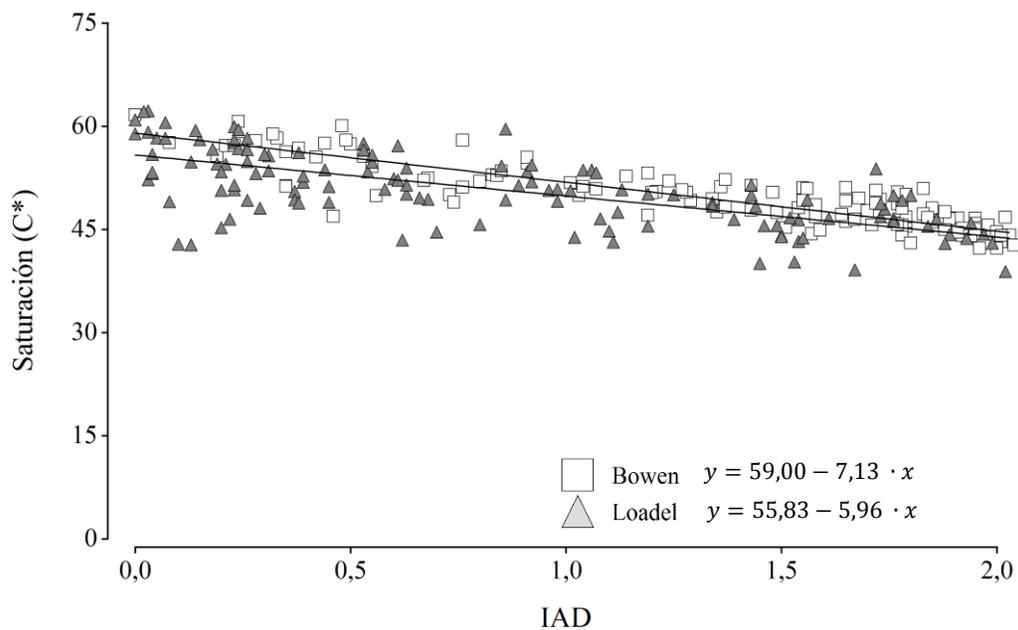


Figura 14. Saturación de la piel (C^*) como función del I_{AD} en las variedades Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.

Color e I_{AD} de la piel y la pulpa

En las variedades estudiadas, durante el desarrollo del fruto, el color de la pulpa cambió de verde (ángulos hue cercanos a 120°) a amarillo anaranjado (ángulos hue sobre 80°). En contraste, el color de fondo de la piel varió de verde a naranja (ángulos cercanos a 70°) e, incluso, la variedad Andes adquirió un tonalidad naranja rojiza (ángulos de hue bajo 60°) en etapas de madurez avanzada; 'Bowen' no mostró diferencias destacables entre el color de la piel y la pulpa (Figura 15).

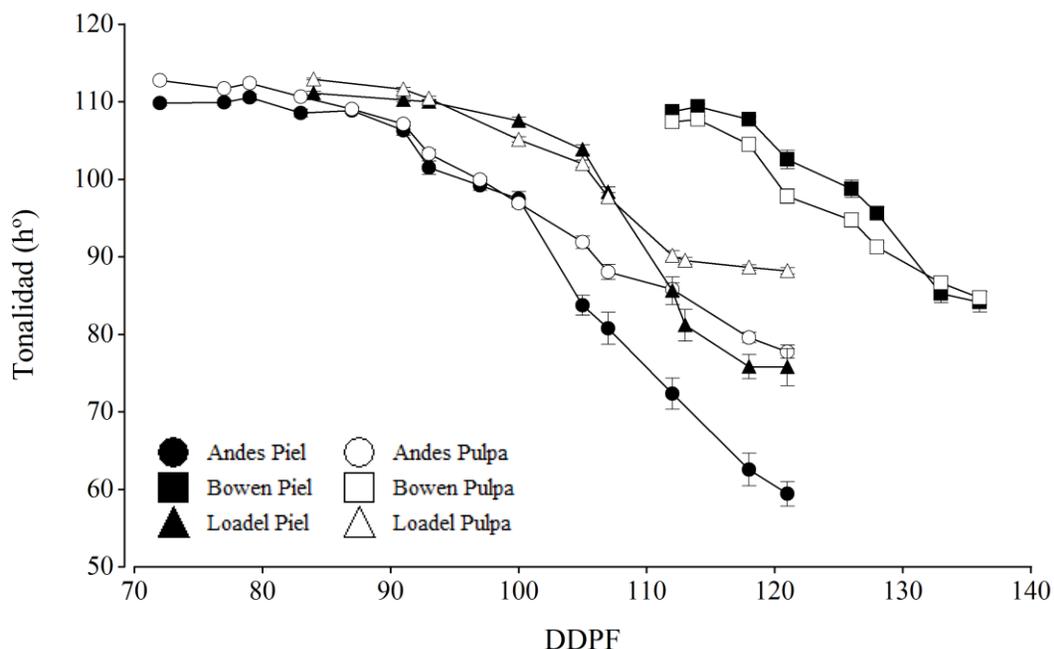


Figura 15. Evolución de la tonalidad de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Los coeficientes de correlación entre la tonalidad de la piel y la pulpa fueron altos y significativos, con valores de r de 0,89; 0,84 y 0,88, para 'Andes', 'Loadel' y 'Bowen', respectivamente. Sin embargo, la relación entre ambas variables no fue lineal, por lo que se ajustaron regresiones segmentadas para cada variedad (Figura 16). 'Loadel' y 'Bowen' mostraron un comportamiento similar, en cambio 'Andes' presentó una mayor variabilidad y menores ángulos hue durante la maduración.

Asimismo, se observó que en 'Loadel', con ángulos de pulpa menores a 88° , y en 'Andes', con bajo 69° , los cambios en el color de la piel no reflejaron cambios consistentes en el color de la pulpa.

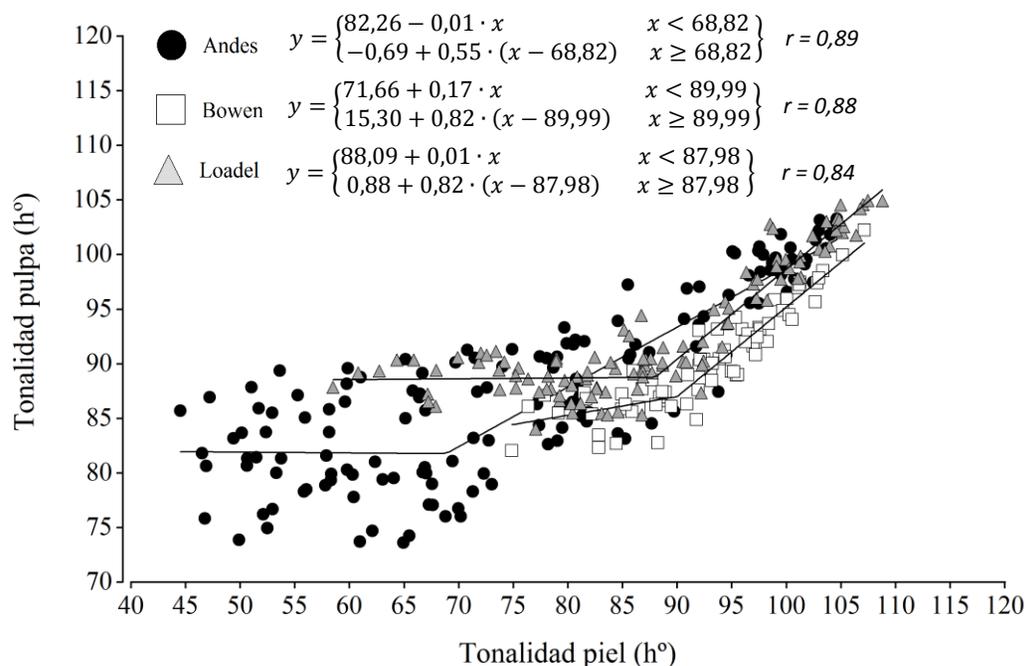


Figura 16. Tonalidad (h°) de la pulpa como función de la tonalidad de la piel en las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión no lineal segmentada.

El I_{AD} de la piel y pulpa disminuyen progresivamente en el tiempo (Figura 17). La caída del I_{AD} tuvo similar comportamiento entre piel y pulpa, a diferencia de lo que ocurrió con hue. Cabe destacar que, en todas las variedades, se presentó mayor I_{AD} en la piel en comparación con la pulpa.

Además, existió una alta asociación entre las mediciones de ambas variables, con valores significativos de r de 0,98; 0,97 y 0,96, para 'Andes', 'Loadel' y 'Bowen', respectivamente. Como se observa en la Figura 18, la relación del I_{AD} pulpa y piel fue descrita mediante una regresión lineal simple. En general, las variedades presentaron una asociación bastante similar entre los valores de I_{AD} , con ligeras diferencias en curvatura.

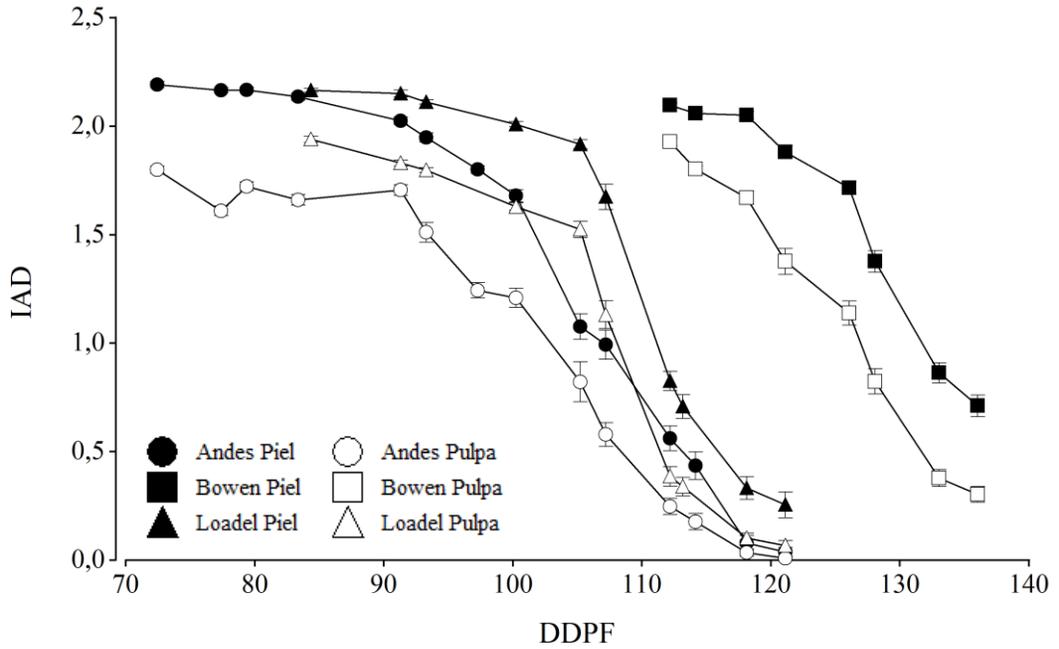


Figura 17. Evolución del I_{AD} de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

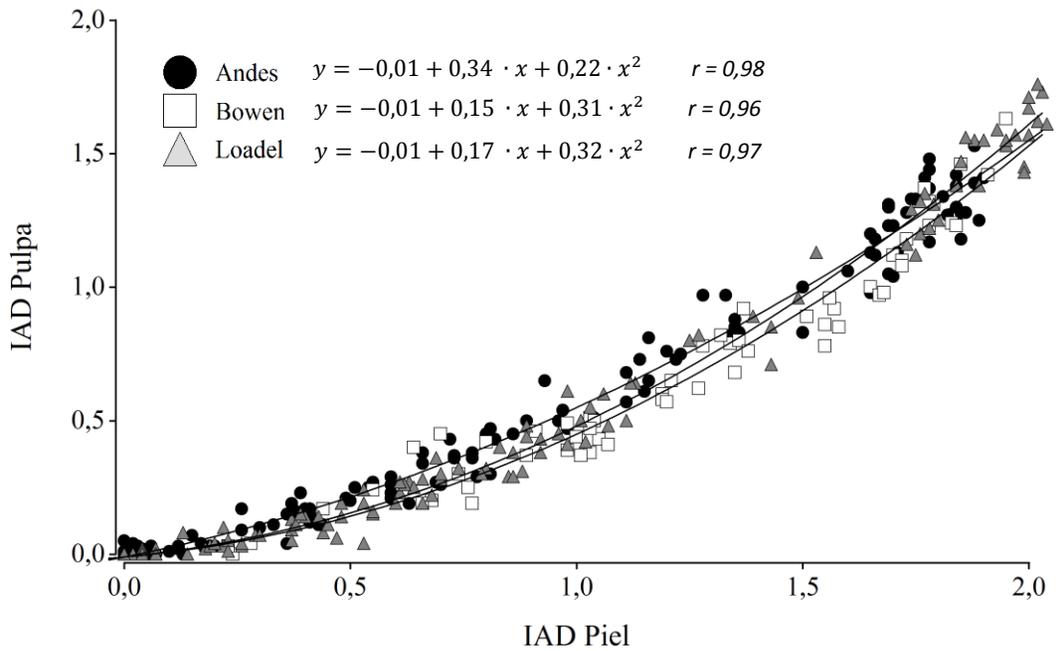


Figura 18. I_{AD} de la pulpa como función del I_{AD} de la piel para las variedades Andes, Loadel y Bowen. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal simple.

Relación I_{AD} y la Tabla de color ASOEX

Mediante el procedimiento CART se determinaron estadísticamente los rangos de I_{AD} para la Tabla de color de duraznos y nectarinas ASOEX. Este análisis permite realizar clasificaciones con un conjunto de datos categóricos y continuos; así, en una muestra de 666 frutos, el árbol de decisión identificó 5 rangos de I_{AD} para cada categoría de color en la variedad Andes (Figura 19). Cabe señalar que DN-1 corresponde al color verde, DN-2 al verde-amarillo, DN-3 al amarillo, DN-4 al amarillo anaranjado y DN-5 al naranja.

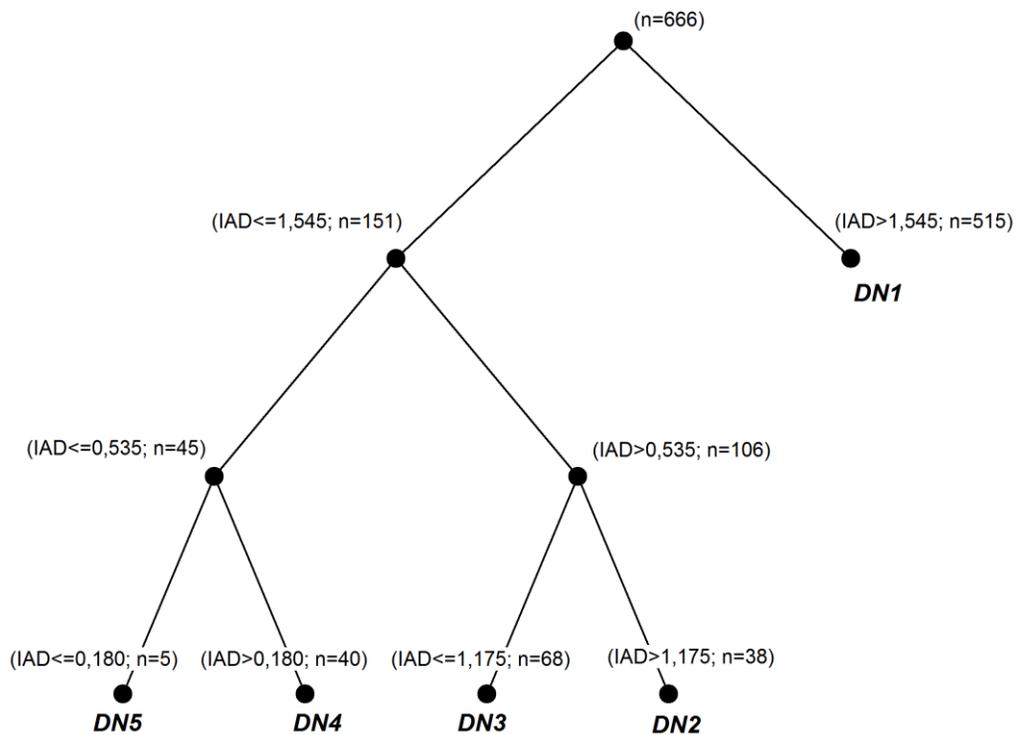


Figura 19. Árbol de clasificación y regresión (CART) de las categorías de la Tabla de color para duraznos y nectarinas ASOEX, en función del I_{AD} en la variedad Andes.

DISCUSIÓN

Relación I_{AD} y variables de madurez

En general, se obtuvieron asociaciones significativas entre el I_{AD} y las variables de madurez, tal como lo reportan Costa *et al.* (2006), en duraznos, Costa *et al.* (2010), en damascos e Infante *et al.* (2011b), en ciruelas, confirmando el uso del I_{AD} como un índice objetivo y no destructivo para determinar el estado de madurez en duraznos conserveros. Varios autores ya habían demostrado que la reducción del contenido de la clorofila era un buen indicador del desarrollo del fruto y del estado de madurez (Solovchenko *et al.*, 2005; Herold *et al.*, 2005; Eccher Zerbini *et al.*, 2006). Sin embargo, las altas correlaciones obtenidas entre I_{AD} con firmeza de la pulpa y color de fondo se explicarían porque la medición de absorbancia es afectada por la absorción y dispersión de la luz (Ziosi *et al.*, 2008), lo que permitiría proporcionar información tanto de las propiedades químicas (pigmentos) como físicas (textura) de los tejidos biológicos, respectivamente (Cubeddu *et al.*, 2001; Muhua *et al.*, 2007). Con respecto a la concentración de azúcares, no existió relación alguna con el I_{AD} ni con los otros parámetros de madurez, lo que concuerda con Lewallen y Marini (2003). Este resultado corrobora lo señalado por Crisosto (1994), en el sentido que la concentración de sólidos solubles en duraznos sólo es un importante índice de calidad.

Las regresiones lineales entre firmeza de la pulpa y el color de fondo como función del I_{AD} se describieron entre el quiebre de color a cosecha, específicamente 2 semanas antes de la cosecha. La destacable asociación de la firmeza de la pulpa con el I_{AD} , confirma la existencia de la sincronización de la degradación de la clorofila con el ablandamiento, como lo reportan Lurie *et al.* (2013). Justamente, los cambios en textura ocurren por la solubilización y degradación de las pectinas, debido a varias enzimas que actúan en la pared celular, de manera secuencial y coordinada, y cuya actividad está relacionada con la biosíntesis y acción del etileno (Trainotti *et al.*, 2003). Por su parte, el etileno también actúa como promotor de la degradación de clorofila (Giovannoni, 2004).

Es importante señalar que las tasas de ablandamiento fueron bastantes similares entre las temporadas para una misma variedad (Vallejos *et al.*, 2011), manteniéndose así, aún si las condiciones climáticas difieren (Eccher Zerbini *et al.*, 2006). Por esta razón, los modelos podrían ser utilizados como predictores confiables de la firmeza de la pulpa, realizando la correcta validación de estos datos.

Es oportuno mencionar, también, la relación entre la tonalidad y el I_{AD} , en la cual ‘Andes’ fue la variedad que presentó la mayor pendiente y alta variabilidad en las observaciones. Esto se explicaría porque es una variedad doble propósito (Infante *et al.*, 2011a), con gran desarrollo del color de cubrimiento y tono naranja intenso (ángulos de 60°) en etapas de madurez avanzada, similar en apariencia a un durazno para fresco. En contraste, ‘Bowen’ y ‘Loadel’, expresan un tono amarillo (ángulos de 80°) y poco color de cubrimiento.

Si bien el color de fondo no se considera un índice de madurez, debido a que a un mismo tono de piel existiría una gran variabilidad en otros parámetros (Lewallen y Marini, 2003), como se apreció en ‘Andes’, Ferrer *et al.* (2005) comprobó que en ‘Calanda’, variedad que no desarrolla color de cubrimiento, el hue puede ser un buen predictor de madurez. Es así como la relación de tonalidad con el I_{AD} toma importancia, ya que, en general, las variedades conserveras expresan menor coloración rojiza (Brovelli *et al.*, 1999), por lo que no enmascaran completamente el color de fondo y, por consiguiente, el cambio de tonalidad también reflejaría la degradación de la clorofila.

Color e I_{AD} de la piel y la pulpa

La asociación entre tonalidad de piel y pulpa fue bastante alta, con un r de 0,84 para las tres variedades estudiadas, al contrario de lo obtenido por Crisosto *et al.* (2007) y Slaughter *et al.* (2013), quienes determinaron valores de r de 0,35 y 0,50, respectivamente. Cabe mencionar que en esta investigación los muestreos se realizaron en distintas posiciones de la copa, disminuyendo el efecto de la posición del fruto en el árbol, y la medición de hue se efectuó exclusivamente en el color de fondo de la piel.

Las regresiones segmentadas descritas para la tonalidad de la pulpa en función de la tonalidad de la piel, para cada variedad, confirman la relación no lineal reportada por Slaughter *et al.* (2013). Los modelos para ‘Bowen’ y ‘Loadel’ se ajustaron bien a los datos, no así en ‘Andes’, quien a un mismo color de piel presenta una gran variabilidad en el color de la pulpa. Por otra parte, Slaughter *et al.* (2013), trabajando con variedades similares, determinaron que valores de ángulos hue de piel menores a 70° no reflejan cambios en el color de la pulpa. En este estudio, lo anterior se cumplió sólo para ‘Andes’, ya que en ‘Bowen’ y ‘Loadel’ ocurrió con ángulos hue cercanos a 90° . Estas discrepancias en los resultados hacen dudar que el color de fondo pueda ser utilizado como predictor del color de la pulpa en duraznos conserveros. Justamente, el desarrollo del color del fruto puede ser afectado por factores genéticos y las condiciones de crecimiento, como posición del fruto (Bible y Singha, 1993), microclima (Genard y Baret, 1994) y carga frutal (Verdugo, 2011). Es por ello que se necesitan de estudios en otras temporadas, que permitan determinar si la relación se mantiene, porque para variedades con menor coloración rojiza, como ‘Loadel’ y ‘Bowen’, pareciera ser una buena aproximación.

Con respecto a la asociación entre el I_{AD} de piel y pulpa, se determinó un r de 0,97 para las tres variedades en conjunto. Además, se ajustaron regresiones cuadráticas para las variedades en estudio, lo que simplificaría una futura predicción en comparación con el modelo de tonalidad. Si bien las curvas fueron bastante similares entre sí, cabe destacar que existen otras variedades conserveras con importantes diferencias de color entre la piel y la pulpa (Vallejos *et al.*, 2011), lo que sugiere rangos de I_{AD} específicos para cada variedad, probablemente como una consecuencia de la natural variabilidad en el contenido de clorofila (Ziosi *et al.*, 2008), similar a lo reportado en manzanas por Cubeddu *et al.* (2001). De ahí, la importancia de la validación con diferentes variedades y temporadas. No obstante, el I_{AD} parece ser una herramienta prometedora para los productores y la industria, ya que, a simple vista, serviría

como un método objetivo para ajustar la cosecha en función de los cambios en el I_{AD} de la pulpa.

Relación I_{AD} y la Tabla de color ASOEX

En Chile se ha usado exitosamente el color de fondo como criterio de cosecha, con tablas diseñadas originalmente para duraznos y nectarinas para exportación (Vallejos *et al.*, 2011). Por ello, ya comprobado que el I_{AD} se asocia con los parámetros de madurez, se relacionó con la Tabla de color ASOEX, de manera de establecer los rangos de cosecha. Si bien la metodología utilizada fue exitosa, es sólo una primera aproximación, por lo que se recomienda repetir el análisis con otras variedades y aumentar el número de frutos para precisar mejor las categorías DN-4, DN-5 y DN-6.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones experimentales en que se realizó esa investigación, se puede concluir que:

Es posible utilizar el instrumento DA-meter para determinar el estado de madurez en duraznos conserveros.

El índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}) evaluado con el instrumento DA-meter se correlaciona linealmente con la firmeza de la pulpa y la saturación y tonalidad del color de fondo, en variedades tempranas de duraznos conserveros.

Existe una relación no lineal entre la tonalidad (h°) de la pulpa y la piel, la cual se ajusta a un modelo segmentado en variedades con poco desarrollo de coloración rojiza.

La alta asociación del I_{AD} de la pulpa y la piel permite describir la evolución del I_{AD} de la pulpa en función del I_{AD} de la piel, mediante modelos lineales simples en las variedades Andes, Loadel y Bowen.

Es factible establecer rangos de I_{AD} para cada categoría de la Tabla de color de duraznos y nectarinas ASOEX.

LITERATURA CITADA

- Bible, B. and S. Singha. 1993, oct. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. *HortScience*, 28(10): 992-993.
- Bonora, E.; M. Noferini; S. Vidoni and G. Costa. 2013, jul. Modeling fruit ripening for improving peach homogeneity in planta. *Scientia Horticulturae*, 159: 166-171.
- Brovelli, E.; J. Brecht; W. Sherman and C. Sims. 1999, apr. Nonmelting-flesh trait in peaches is not related to low ethylene production rates. *HortScience*, 34(2): 313-315.
- Costa, G.; M. Noferini; G. Fiori and V. Ziosi. 2010, may. Establishment of the optimal harvest time in apricot (“Orangered” y “Bergarouge”) by means of a new index based on vis spectroscopy. *Acta Horticulturae*, 862: 533-538.
- Costa, G.; G. Fiori and M. Noferini. 2006, jul. Using NIRs to determine intrinsic fruit quality and harvest date. *Acta Horticulturae*, 713: 435-440.
- Crisosto, C. H. 1994. Stone fruit maturity indices: a descriptive review. *Postharvest News and Information*, 5(6): 65-68.
- Crisosto, C. H.; C. Valero and D. C. Slaughter. 2007, mar. Predicting pitting damage during processing in Californian clingstone peaches using color and firmness measurements. *Applied Engineering in Agriculture*, 23(2): 189-194.
- Cubeddu, R.; C. D’Andrea; A. Pifferi; P. Taroni; A. Torricelli; G. Valentini; *et. al.* 2001, oct. Time-resolved reflectance spectroscopy applied to the non-destructive monitoring of the internal optical properties in apple. *Applied Spectroscopy*, 55(10): 1368-1374.
- Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Drogoudi, P. and C. Tsipouridis. 2007, dec. Effects of cultivars and rootstock on the antioxidant content and physical characters of clingstone peaches. *Scientia Horticulturae*, 115(1): 34-39.
- Eccher Zerbini, P.; M. Vanoli; M. Grassi; A. Rizzolo; M. Fibiani; R. Cubeddu; *et. al.* 2006, mar. A model for the softening of nectarines based on sorting fruit at harvest by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 39(3): 223-232.
- Eccher Zerbini, P.; G. L. Spada and C. Liverani. 1994. Selection and experimental use of colour charts as a maturity index for harvesting peaches and nectarines. *Advances in Horticultural Science*, 8(2): 107-113.

- Ferrer, A.; S. Remón; A. Negueruela and R. Oria. 2005, jul. Changes during the ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. *Scientia Horticulturae*, 105(4): 435-446.
- Génard, M. and F. Baret. 1994, jul. Spatial and temporal variation of light inside peach trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(4): 669-677.
- Giovannoni, J. 2004, jun. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell*, 16: 170-180.
- Herold, B.; I. Truppel; M. Zude and M. Geyer. 2005, jun. Spectral measurements on “Elstar” apples during fruit development on tree. *Biosystems Engineering*, 91(2): 173-182.
- Infante, R. 2012, jun. Harvest maturity indicators in the stone fruit industry. *Stewart Postharvest Review*, 1-6.
- Infante, R; G. Reginato and P. Hinrichsen. 2011a, mar. ‘Andes-1’: an early-maturing clingstone peach cultivar for canning and fresh market. *HortScience*, 46(3): 1-2.
- Infante, R.; L. Contador; P. Rubio; K. Mesa and C. Meneses. 2011b, jul. Non-destructive monitoring of flesh softening in the black- skinned Japanese plums “Angelino” and “Autumn beaut” on-tree and postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1): 35-40.
- Kader, A. 1999, mar. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, 485: 203-208.
- Lewallen, K. and R. Marini. 2003, mar. Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(2): 163-170.
- Lurie, S.; H. Friedman; A. Weksler; A. Dagar and P. Eccher Zerbini. 2013, feb. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 10-16.
- McGuire, R. 1992, dec. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12): 1254-1255.
- Mitchell, F. G. and A.A. Kader. 1989. Factors affecting deterioration rate. (pp.165-178). In: LaRue, J.H. and R. S. Johnson (ed.). Peaches, plums and nectarines: Growing and handling for fresh market. California, USA: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. 252p.
- Muhua, L.; F. Peng and C. Renfa. 2007, feb. Non-destructive estimation peach SSC and firmness by multispectral reflectance imaging. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50(5): 601-608.

Ojer, M.; F. Vallejos y G. Reginato. 2011. Variedades. (cap. 4, pp.31-42). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Slaughter, D. C.; C. H. Crisosto and G. Tiwari. 2013, jun. Nondestructive determination of flesh color in clingstone peaches. *Journal of Food Engineering*, 116(4): 920-925.

Slaughter, D. C.; C. H. Crisosto; J. H. Hasey and J. F. Thompson. 2006, nov. Comparison of instrumental and manual inspection of clingstone peaches. *Applied Engineering in Agriculture*, 22 (6): 883-889.

Solovchenko, A.; O. Chivkunova; M. Merzlyak and V. Gudkovsky. 2005, oct. Relationships between chlorophyll and carotenoid pigments during on- and off-tree ripening of apple fruit as revealed non-destructively with reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 38(1): 9-17.

Tijskens, L. M. M; P. Eccher Zerbini; R.E. Schouten; M. Vanoli; S. Jacob; M. Grassi; *et. al.* 2007, aug. Assessing harvest maturity in nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, 45(2): 204-213.

Trainotti, L.; D. Zanin and G. Casadoro. 2003, jun. A cell wall-oriented genomic approach reveals a new and unexpected complexity of the softening in peaches. *Journal of Experimental Botany*, 54(389): 1821-1832.

Vallejos, F.; M. Ojer y G. Reginato. 2011. Maduración y cosecha de frutos. (cap. 12, pp.161-165). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Verdugo, A. 2011. Productividad y calidad agroindustrial de duraznos conservados de media estación en función de la intensidad de raleo. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Agroindustria. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 37h.

Ziosi, V.; M. Noferini; G. Fiori; A. Tadiello; L. Trainotti; G. Casadoro and G. Costa. 2008, sep. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(3): 319-329.

DISCUSIÓN GENERAL

El largo de la estación depende fundamentalmente de la temperatura acumulada en los primeros 30 días desde floración (DeJong, 2006). Es así como la mayor cantidad de grados días acumulados en el 2011/2012 determinó que el crecimiento y desarrollo del fruto fuese más corto que en la temporada 2010/2011. Esta variabilidad en la duración de la estación de crecimiento causa que la fecha de maduración difiera conforme el año y la localidad (Vallejos *et al.*, 2011).

Por ello, es relevante el conocimiento de la rapidez con que ocurre la maduración. En las variedades tempranas estudiadas los cambios perceptibles ocurrieron aproximadamente entre 10 a 15 días antes de la cosecha comercial, en donde el color de la piel viró de verde a amarillo, debido a la degradación de clorofila y exposición de los carotenos, decayendo consistentemente la firmeza de la pulpa (Giovannoni, 2004); ambos fenómenos presentaron un comportamiento lineal en este período.

Al determinar la velocidad de caída de la firmeza fue posible estimar la duración efectiva de la cosecha en cada variedad. Asimismo, se comprobó que en ciertas variedades existe un aumento en el tamaño de fruto al retrasar la cosecha, siendo interesante para el productor, ya que el máximo retorno depende principalmente del peso de los frutos (Ojer *et al.*, 2011). Sin embargo, en la espera por la ganancia adicional en peso existe el riesgo de ablandamiento (Vallejos *et al.*, 2011), por consiguiente, tomar la decisión va a depender de las características de la variedad y la logística en la cosecha de cada unidad productiva.

En general, la cosecha de duraznos se realiza en múltiples pasadas, debido a la gran variabilidad de los frutos (Lewallen y Marini, 2003; Lurie *et al.*, 2013). Al realizar la comparación entre la zona inferior y superior del árbol, los frutos superiores se destacaron por presentar mayor tamaño, color y concentración de sólidos solubles a cosecha, en comparación con los inferiores, lo que coincide con Bible y Singha (1993) y He *et al.* (2008). La heterogeneidad observada en el grado de madurez de los frutos se asoció al efecto de la edad de los frutos y las condiciones de crecimiento, como luz y carga frutal (Lewallen y Marini, 2003; Tijskens *et al.*, 2007; Alcobendas *et al.*, 2012), sin descartar que puedan existir otros factores interviniendo que no fueron considerados en la investigación. Si bien se menciona la carga frutal, no se realizaron mediciones concretas que permitieran visualizar específicamente su efecto.

Cabe destacar que no existieron diferencias entre las tasas de pérdida de firmeza de los frutos provenientes de distintas posiciones del árbol y, en general, en una misma variedad se mantiene relativamente constante durante las temporadas. Según Eccher Zerbini *et al.* (2006) y Tijskens *et al.* (2007), esto se explica porque la tasa de ablandamiento sigue el mismo patrón en todos los frutos, lo que varía es el grado de madurez de cada fruto individual; lo que confirma a la firmeza de la pulpa como un indicador confiable para pronosticar el inicio y la duración de la cosecha de manera anticipada (Vallejos *et al.*, 2011).

Comercialmente, los criterios más importantes usados para el procesamiento de duraznos conserveros son el color de la pulpa, para distinguir los frutos inmaduros, y la firmeza de la misma, para discriminar los frutos sobremaduros (Slaughter *et al.*, 2006). Ambos factores críticos en el manejo de duraznos conserveros implican la destrucción de los frutos para su evaluación (Slaughter *et al.*, 2013). En la búsqueda de incorporar un método objetivo y no destructivo para determinar el grado de madurez, de manera rápida y sencilla, se evaluó el instrumento DA-meter, el cual es un aparato vis/NIRs capaz de medir un nuevo parámetro espectral del fruto, correspondiente al índice de diferencia de absorbancia (I_{AD}) (Ziosi *et al.*, 2008). La ventaja de esta medición de absorbancia es que está siendo afectada por la absorción y dispersión de la luz (Ziosi *et al.*, 2008), lo que permitiría proporcionar información de las propiedades químicas y físicas del fruto, respectivamente (Cubeddu *et al.*, 2001; Muhua *et al.*, 2007).

El I_{AD} de la piel se correlacionó fuertemente con la firmeza de la pulpa, el color de fondo y el I_{AD} de la pulpa, lográndose establecer modelos que describen el comportamiento de estos parámetros en función del I_{AD} , aunque aún falta la correcta validación para cada variedad, de forma de alcanzar resultados similares a Lurie *et al.* (2013), quienes con el I_{AD} a cosecha predijeron el ablandamiento de los frutos, y Bonora (2013), quien realizó predicciones de rendimiento y fecha de cosecha con bajo error.

Es importante señalar que existen otras variedades conserveras con diferencias importantes de color entre la piel y la pulpa (Vallejos *et al.*, 2011), por lo que los rangos de I_{AD} podrían ser específicos para cada variedad, probablemente como una consecuencia de la natural diferencia en el contenido de clorofila (Ziosi *et al.*, 2008; Kuckenberg *et al.*, 2008). Es por ello que se requiere la evaluación y validación en otras variedades, sin embargo, a simple vista, el I_{AD} parece ser una herramienta útil para los productores, permitiendo conocer el grado de madurez del fruto de forma sencilla y rápida.

CONCLUSIONES GENERALES

La presente investigación confirma que:

Los principales cambios en la maduración se inician aproximadamente 10 a 15 días antes de la cosecha comercial.

Al atrasar la cosecha existe una ganancia adicional en peso en algunas variedades tempranas.

La posición del fruto de duraznos conserveros en la copa afecta el tamaño del mismo, la concentración de sólidos solubles, el I_{AD} , la tonalidad y la saturación del color de fondo.

Existe un grado de madurez más avanzado en los frutos pertenecientes a la zona superior del árbol, en comparación con los frutos de la zona inferior.

La tasa de pérdida de firmeza no cambia de acuerdo a la posición del fruto en el árbol y se mantiene relativamente constante durante las temporadas.

El instrumento DA-meter permite determinar el estado de madurez en duraznos conserveros.

LITERATURA CITADA

Alcobendas, R.; J. Mirás-Avalos; J. Alarcón; F. Pedrero and E. Nicolás. 2012, jul. Combined effects of irrigation, crop load and fruit position on size, color and firmness of fruits in an extra-early cultivar of peach. *Scientia Horticulturae*, 142: 128-135.

Benedetti, S.; S. Buratti; A. Spinardi; S. Mannino and I. Mignani. 2008, feb. Electronic nose as a non-destructive tool to characterize peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2): 181-188.

Bible, B. and S. Singha. 1993, oct. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. *HortScience*, 28(10): 992-993.

Bonora, E. 2013. Modeling systems and vis/NIR device to improve peach and nectarine pre and post-harvest fruit maturity management. Doctorate in Arboreal Crops and Ornamental Agrosystems Forestry and Landscape. Bologna, Italy: University of Bologna. 128p.

Borsani, J.; C. Budde; L. Porrini; M. Lauxmann; V. Lombardo; R. Murray; *et. al.* 2009, mar. Carbon metabolism of peach fruit after harvest: changes in enzymes involved in organic acid and sugar level modifications. *Journal of Experimental Botany*, 60(6): 1823-1837.

Brummell, D.; V. Dal Cin; C. Crisosto and J. Labavitch. 2004, jul. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. *Journal of Experimental Botany*, 55(405): 2029-2039.

Byers, R. and R. Marini. 1994, mar. Influence of blossom and fruit thinning on peach flower bud tolerance to on early spring freeze. *HortScience*, 29(3): 146-148.

Cantín, C.; Y. Gogorcena and M. Moreno. 2009, aug. Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) breeding progenies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11): 1909-1917.

Cascales, A.; E. Costell and F. Romojaro. 2005, oct. Effects of the degree of maturity on the chemical composition, physical characteristics and sensory attributes of peach (*Prunus persica*) cv. Caterin. *Food Science and Technology International*, 11(5): 345-352.

Casierra-Posada, F.; V. Barreto y O. Fonseca. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsh, cv. Conservero) en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana*, 22(1): 40-45.

Cavaco, A.; P. Pinto; M. Antunes; J. Marques and R. Guerra. 2009, mar. 'Rocha' pear firmness predicted by a Vis/NIR segmented model. *Postharvest Biology and Technology*, 51(3): 311-319.

Chapman, G.; R. Horvat and W. Forbus. 1991, may. Physical and chemical changes during the maturation of peach (cv. Majestic). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(5): 867-870.

Coneva, E. and J. Cline. 2006, aug. Blossom thinners reduce crop load and increase fruit size and quality of peaches. *HortScience*, 41(5): 1253-1258.

Costa, G. and G. Vizzotto. 2000, may. Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regulation*, 31: 113-119.

Costa, G.; M. Noferini; G. Fiori and V. Ziosi. 2010, may. Establishment of the optimal harvest time in apricot (“Orangered” y “Bergarouge”) by means of a new index based on vis spectroscopy. *Acta Horticulturae*, 862: 533-538.

Costa, G.; M. Noferini; G. Fiori and P. Torrigiani. 2009. Use of vis/NIR spectroscopy to assess fruit ripening stage and improve management in post-harvest chain. *Fresh Produce*, 3: 35-41.

Costa, G.; G. Fiori and M. Noferini. 2006, jul. Using NIRs to determine intrinsic fruit quality and harvest date. *Acta Horticulturae*, 713: 435-440.

Costa, G.; O. Misericocchi and A. Bregoli. 2002, nov. NIRs evaluation of peach and nectarine fruit quality in pre- and post-harvest conditions. *Acta Horticulturae*, 592: 593-599.

Crisosto, C. and D. Valero. 2008. Harvesting and postharvest handling of peaches for the fresh market. (pp. 576-593). *In*: Bassi, D. and D. Layne (ed.). The peach: botany, production and uses. CAB International. 632p.

Crisosto, C.; S. Johnson; T. DeJong and K. Day. 1997, aug. Orchard factors postharvest affecting stone fruit quality. *HortScience*, 32(5): 820-823.

Crisosto, C.; G. Mitchell and S. Johnson. 1995. Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News and Information*, 6(2): 17- 21.

Cubeddu, R.; C. D’Andrea; A. Pifferi; P. Taroni; A. Torricelli; G. Valentini; *et. al.* 2001, oct. Time-resolved reflectance spectroscopy applied to the non-destructive monitoring of the internal optical properties in apple. *Applied Spectroscopy*, 55(10): 1368-1374.

Day, K.; G. Lopez and T. DeJong. 2008, nov. Using growing degree hours accumulated thirty days after bloom to predict peach and nectarine harvest date. *Acta Horticulturae*, 803: 163-166.

DeJong, T. M. 2006, jul. Physiological and developmental principles of peach tree and fruit growth related to management practices. *Acta Horticulturae*, 713: 161-167.

- DeJong, T. M. 2005. Using physiological concepts to understand early spring temperature effects on fruit growth and anticipating fruit size problems at harvest. *Summerfruit*, 7: 10-13.
- Diezma-Iglesias B.; C. Valero; F. García-Ramos and M. Ruiz-Altisent. 2006, dec. Monitoring of firmness evolution of peaches during storage by combining acoustic and impact methods. *Journal of Food Engineering*, 77(4): 926-935.
- Donoso, J.; R. Bastías; G. Lemus y L. Silva. 2007. Comportamiento fenológico del duraznero (*Prunus persica* L.) en tres localidades de la VI Región. (Bol. Inf. N°13). INIA Rayentué. Rengo, Chile: INIA. 8p.
- Dussi, M. C.; G. Giardina; G. Giménez; P. Reeb; K. Zon y J. Nyeki. 2009, jun. Influencia de la interceptación lumínica en el desarrollo vegetativo y productivo de durazneros cv. Elegant Lady. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 41(1): 155-164.
- Dussi, M. C.; D. Sosa; R. González and G. Giardina. 2004. Summer pruning in Red Delicious apple tree effect on fruit and spur leaf quality. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 26(2): 15-22.
- Eccher Zerbini, P.; M. Vanoli; M. Grassi; A. Rizzolo; M. Fibiani; R. Cubeddu; *et. al.* 2006, mar. A model for the softening of nectarines based on sorting fruit at harvest by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 39(3): 223-232.
- Eskin, N. A and E. Hoehn. 2013. Fruits and vegetables. (cap. 2, pp.49 -124). In: Eskin, N. A and F. Shahidi (ed.). *Biochemistry of foods*. Oxford, UK: Elsevier. 500p.
- Etienne, C.; C. Rothan; A. Moing; C. Plomion; C. Bodene`s; L. Svanella-Dumas; *et. al.* 2002, jul. Candidate genes and QTLs for sugar and organic acid content in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Theoretical and Applied Genetics*, 105(1): 145-159.
- Fan, X.; L. Argenta and J. Mattheis. 2002, feb. Interactive effects of 1-MCP and temperature on ‘Elberta’ peach quality. *HortScience*, 37(1): 134-138.
- Farina, V.; R. Lo Bianco and P. Inglese. 2005, jun. Vertical distribution of crop load and fruit quality within vase- and Y-shaped canopies of “Elegant Lady” peach. *HortScience*, 40(3): 587-591.
- Fischer, R. and A. Bennett. 1991, jun. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42: 675-703.
- Forlani, M.; B. Basile; C. Cirillo and C. Iannini. 2002, nov. Effects of harvest date and fruit position along the tree canopy on peach fruit quality. *Acta Horticulturae*, 592: 459-466.
- Gapper, N.; R. McQuinn and J. Giovannoni. 2013, aug. Molecular and genetic regulation of fruit ripening. *Plant Molecular Biology*, 82(6): 575-591.

- Génard, M. and F. Baret. 1994, jul. Spatial and temporal variation of light inside peach trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(4): 669-677.
- Ghiani, A.; E. Onelli; R. Aina; M. Cocucci and S. Citterio. 2011, apr. A comparative study of melting and non-melting flesh peach cultivars reveals that during fruit ripening endopolygalacturonase (endo-PG) is mainly involved in pericarp textural changes, not in firmness reduction. *Journal of Experimental Botany*, 62(11): 4043-4054.
- Giovannoni, J. 2004, jun. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell*, 16: 170-180.
- Goulao, L. and C. Oliveira. 2008, jan. Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 19(1): 4-25.
- Hayama, H.; M. Tatsuki; A. Ito and Y. Kashimura. 2006, jul. Ethylene and fruit softening in the stony hard mutation in peach. *Postharvest Biology and Technology*, 41(1): 16-21.
- He, F.; F. Wang; Q. Wei; X. Wang and Q. Zhang. 2008, mar. Relationships between the distribution of relative canopy light intensity and peach yield and quality. *Agricultural Sciences in China*, 7(3): 297-302.
- Herold, B.; I. Truppel; M. Zude and M. Geyer. 2005, jun. Spectral measurements on “Elstar” apples during fruit development on tree. *Biosystems Engineering*, 91(2): 173-182.
- Infante, R.; L. Contador; P. Rubio; K. Mesa and C. Meneses. 2011, jul. Non-destructive monitoring of flesh softening in the black-skinned Japanese plums “Angelino” and “Autumn beaut” on-tree and postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1): 35-40.
- Jia, H.; A. Araki and G. Okamoto. 2005, jan. Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of “Hakuho” (*Prunus persica* Batsch). *Postharvest Biology and Technology*, 35(1): 61-68.
- Jowitt, R. 1974. The terminology of food texture. *Journal of Texture Studies*, 5: 351-358.
- Kader, A. 1999, mar. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, 485: 203-208.
- Kuckenberg, J; I. Tartachnyk and G. Noga. 2008, may. Evaluation of fluorescence and remission techniques for monitoring changes in peel chlorophyll and internal fruit characteristics in sunlit and shaded sides of apple fruit during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2): 231-234.
- Layne, D.; Z. Jiang and J. Rushing. 2001, apr.-jun. Tree fruit reflective film improves red skin coloration and advances maturity in peach. *HortTechnology*, 11: 234-242.
- Lemus, G (Ed.). 1993. El duraznero en Chile. Santiago, Chile: INIA. 331 p.

- Lewallen, K. and R. Marini. 2003, mar. Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(2): 163-170.
- Liguori, G.; A Weksler; Y. Zutahi; S. Lurie and I. Kosto. 2004, mar. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of melting flesh peaches and nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, 31(3): 263-268.
- Lleó, L.; P. Barreiro; M. Ruiz and A. Herrero. 2009, may. Multispectral images of peach related to firmness and maturity at harvest. *Journal of Food Engineering*, 93(2): 229-235.
- Lo Bianco, R. and M. Rieger. 2002, mar. Roles of sorbitol and sucrose in growth and respiration of 'Encore' peaches at the three development stages. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(2): 297-302.
- Lopez, G. and T. DeJong. 2007, jul. Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *J. Hort. Sci. Biotech.*, 82(4): 507-512.
- Lopez, G.; R. Johnson and T. DeJong. 2007, jan.-mar. High spring temperatures decrease peach fruit size. *California Agriculture*, 61(1): 31-34.
- Lu, R. 2004, feb. Multispectral imaging for predicting firmness and soluble solids content of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31(2): 147-157.
- Lu, R. 2001. Predicting firmness and sugar content of sweet cherries using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *American Society of Agricultural Engineers*, 44(5): 1265-1271.
- Lurie, S. and C. Crisosto. 2005, sep. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 37(3): 195-208.
- Lurie, S.; H. Friedman; A. Weksler; A. Dagar and P. Eccher Zerbini. 2013, feb. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 10-16.
- Marini, R.; D. Sowers and M. Marini. 1991, may. Peach fruit quality is affected by shade during final swell of fruit growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(3): 383-389.
- Marra, F.; P. Inglese; T. DeJong and R. Johnson. 2002, nov. Thermal time requirement and harvest time forecast for peach cultivars with different fruit development periods. *Acta Horticulturae*, 592: 523-529.

Moing, A.; L. Savanella; D. Rolin; M. Gaudeillere; J. Guadillere and R. Monet. 1998, sep. Compositional changes during the fruit development of two peach cultivars differing in juice acidity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(5): 770-775.

Muhua, L.; F. Peng and C. Renfa. 2007. Non-destructive estimation peach SSC and firmness by multispectral reflectance imaging. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50(5): 601-608.

Ojer, M. 2010, ene.-jun. Evaluación del comportamiento agroindustrial de variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Mendoza, Argentina. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1): 20-34.

Ojer, M.; F. Vallejos y G. Reginato. 2011. Variedades. (cap. 4, pp.31-42). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Ojer, M.; G. Reginato y F. Vallejos. 2009, jun. Manejo de la carga frutal y productividad de duraznos conserveros. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 41(1): 65-75.

Pacheco, I. 2010. Brown rot resistance in peach: a genomics approach. Doctorate in Plant Biology and Crop Production. Milano, Italy: Faculty of Science Agriculture, University of Milano. 102p.

Prasanna, V.; T. Prabha and N. Tharanathan. 2007, jan. Fruit ripening phenomena-An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1):1-19.

Predieri, S.; P. Ragazzini and R. Rondelli. 2006, jul. Sensory evaluation and peach fruit quality. *Acta Horticulturae*, 713: 429-434.

Prinsi, B.; A. Simone; C. Fedeli; S. Morgutti; N. Negrini; M. Cocucci; *et. al.* 2011, jul. Peach fruit ripening: a proteomic comparative analysis of the mesocarp of two cultivars with different flesh firmness at two ripening stages. *Phytochemistry*, 72(10): 1251-1262.

Raffo, M.D y N. Iglesias. 2004, ago. Efecto de la interceptación y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. Fuji, bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 33 (2): 29-42.

Reginato, G.; K. Mesa y M. Ojer. 2011. Desarrollo del árbol y crecimiento de los frutos. (cap. 7, pp.73-78). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Sellés, G.; R. Ferreyra y G. Lemus. 1996, may.-jun. Riego en duraznero. Déficit hídrico controlado. *Tierra Adentro*, 8: 34-37.

Slaughter, D. C.; C. H. Crisosto and G. Tiwari. 2013, jun. Nondestructive determination of flesh color in clingstone peaches. *Journal of Food Engineering*, 116(4): 920-925.

Slaughter, D. C.; C. H. Crisosto; J. H. Hasey and J. F. Thompson. 2006, nov. Comparison of instrumental and manual inspection of clingstone peaches. *Applied Engineering in Agriculture*, 22 (6): 883-889.

Subedi, P. and K. Walsh. 2009, mar. Non-invasive techniques for measurement of fresh fruit firmness. *Postharvest Biology and Technology*, 51(3): 297-304.

Tadiello, A. 2010. A genomic investigation of the ripening regulation in peach fruit. Doctorate in Crop Science Agrobiotechnology. Padua, Italy: Department of Environmental Agronomy and Crop Science, University of Padua. 128p.

Tijskens, L. M. M.; P. Eccher Zerbini; R.E. Schouten; M. Vanoli; S. Jacob; M. Grassi; *et. al.* 2007, aug. Assessing harvest maturity in nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, 45(2): 204-213.

Tonutti, P.; P. Casson and A. Ramina. 1991, jan. Ethylene biosynthesis during peach fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(2): 274-279.

Tourjee, K.; D. Barrett; M. Romero and T. Gradziel. 1998, may. Measuring flesh color variability among processing clingstone peach genotypes differing in carotenoid composition. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(3): 433-437.

Trainotti, L.; A. Tadiello and G. Casadoro. 2007, oct. The involvement of auxin in the ripening of climacteric fruits comes of age: the hormone plays a role of its own and has an intense interplay with ethylene in ripening peaches. *Journal of Experimental Botany*, 58(12): 3299-3308.

Valero, C.; C. Crisosto and D. Slaughter. 2007, jun. Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Postharvest Biology and Technology*, 44(3): 248-253.

Vallejos, F.; M. Ojer y G. Reginato. 2011. Maduración y cosecha de frutos. (cap. 12, pp.161-165). En: Ojer, M. (ed.). Producción de duraznos para industria. Mendoza, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Cuyo. 230p.

Ziosi, V.; M. Noferini; G. Fiori; A. Tadiello; L. Trainotti; G. Casadoro and G. Costa. 2008, sep. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(3): 319-329.

Zude, M.; B. Herold; J. Roger; V. Bellon-Maurel and S. Landahl. 2006, nov. Non-destructive test on the prediction of apple fruit flesh firmness and soluble solids content on tree and in shelf life. *Journal of Food Engineering*, 77(2): 254-260.