



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

**CARACTERIZACIÓN DE LA MADURACIÓN Y PERÍODO DE  
COSECHA DE VARIETADES TARDÍAS 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

**SERGIO ANÍBAL GONZÁLEZ GALAZ**

Director de Tesis  
GABINO REGINATO MEZA  
RODRIGO INFANTE ESPÍNEIRA

Profesores consejeros  
KAREN SAGREDO URRA  
THOMAS FICHET LAGOS

SANTIAGO - CHILE  
2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

CARACTERIZACIÓN DE LA MADURACIÓN Y PERÍODO DE COSECHA DE  
VARIETADES TARDÍAS 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

**SERGIO ANÍBAL GONZÁLEZ GALAZ**

Calificaciones	Calificaciones	Firma
(Memoria de Título)	(Tesis de grado)	

**DIRECTORES DE TESIS**

Gabino Reginato Meza Ingeniero Agrónomo, Mg.Sc.	6,9	aprobado
--	-----	----------

Rodrigo Infante Espiñeira Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,5	aprobado
--	-----	----------

**PROFESORES CONSEJEROS**

Karen Sagredo Urrea Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,5	aprobado
--	-----	----------

Thomas Fichet Lagos Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8	aprobado
--	-----	----------

Santiago, Chile  
2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres y hermanos por el esfuerzo y sacrificio realizado durante todos estos años. El camino fue largo y duro; sin su apoyo, cariño y compañía, jamás hubiese alcanzado el final. Gracias.

A mi madre y tata José, mis pilares, mi fuente interminable de energía. Gracias por enseñarme lo hermoso del campo, la perseverancia y la responsabilidad. Este logro es de ustedes.

A mis directores de tesis y, en especial, al Profesor Gabino Reginato, por su ejemplo, paciencia y dedicación entregada durante todos estos años. También, quiero destacar a mis profesores consejeros, Karen Sagredo y Thomas Fichet; gracias por sus consejos, tiempo y dedicación.

A mi querida amiga y compañera de trabajo Catalina Pinto, por su entrega incansable, apoyo, paciencia y compañía. Siempre que esto se venía abajo o parecía no tener pies ni cabeza encontrabas las palabras y los argumentos para levantarlo. En mis recuerdos quedaran todos aquellos momentos que pasamos para poder alcanzar nuestra meta, en especial, nuestra amistad.

A mi compañera y pareja, Catalina Moreno, por la preocupación, paciencia y apoyo incondicional. Sin tu compañía y tus palabras no hubiera podido terminar este ciclo. Gracias.

A mis amigos y compañeros Fabián Rozas, Patricio Castro, Marcos Barra, Luis Droguett. Gracias por su apoyo incondicional y sus consejos.

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.

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

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	2
Rendimiento y productividad potencial .....	2
Crecimiento y desarrollo del fruto.....	3
Maduración.....	4
Calidad del fruto y cosecha .....	6
<b>CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DE LA ÉPOCA DE COSECHA Y DINÁMICA DEL CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DE VARIEDADES TARDÍAS DE DURAZNO CONSERVERO .....</b>	<b>8</b>
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
Hipótesis.....	11
Objetivos .....	11
MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
Ubicación del estudio .....	12
Material vegetal.....	12
Evaluaciones.....	13
Crecimiento y maduración de frutos.....	13
Cosecha y madurez del fruto .....	13
Densidad floral y porcentaje de cuaje.....	14
Análisis estadístico .....	14
RESULTADOS.....	15
Crecimiento y maduración de frutos .....	15
Cambios durante el período de cosecha .....	15
DISCUSIÓN .....	18
CONCLUSIONES .....	21
LITERATURA CITADA.....	22
APÉNDICE I.....	25

<b>CAPÍTULO II: EFECTO DE LA POSICIÓN DEL FRUTO EN EL ÁRBOL SOBRE LA MADUREZ Y CALIDAD DE DURAZNO CONSERVERO</b> .....	28
RESUMEN.....	28
ABSTRACT .....	29
INTRODUCCIÓN .....	30
Hipótesis .....	31
Objetivos .....	31
MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
Ubicación del estudio .....	32
Material vegetal.....	32
Procedimiento de muestreo .....	32
Evaluaciones.....	33
Caracterización del ambiente lumínico.....	34
Análisis estadístico .....	34
RESULTADOS.....	35
Caracterización lumínica.....	41
DISCUSIÓN .....	42
CONCLUSIONES .....	45
LITERATURA CITADA.....	46
APÉNDICE II .....	50
<b>CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ Y MOMENTO DE COSECHA MEDIANTE EL EQUIPO DA-METER EN DURAZNOS CONSERVEROS DE COSECHA TARDÍA</b> .....	53
RESUMEN.....	53
ABSTRACT .....	54
INTRODUCCIÓN .....	55
Hipótesis .....	56
Objetivos .....	56
MATERIALES Y MÉTODOS .....	57
Ubicación del estudio .....	57
Material vegetal.....	57
Evaluaciones.....	57

Relación entre el $I_{AD}$ y variables de madurez .....	57
Color e $I_{AD}$ de la piel y la pulpa.....	58
Relación entre el $I_{AD}$ y la Tabla de color ASOEX.....	58
Análisis estadístico .....	58
<b>RESULTADOS</b> .....	60
Relación $I_{AD}$ y variables de madurez.....	60
Color e $I_{AD}$ de la piel y la pulpa.....	63
Relación $I_{AD}$ y la Tabla de color ASOEX .....	65
<b>DISCUSIÓN</b> .....	67
Relación $I_{AD}$ y variables de madurez.....	67
Relación del color e $I_{AD}$ de la piel y la pulpa .....	68
$I_{AD}$ y tabla de color ASOEX.....	69
<b>CONCLUSIONES</b> .....	70
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	71
<b>DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	75
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	78
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	79

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las plantas en estudio.....	12
Cuadro 2. Densidad de flores y frutos, y porcentaje de cuaje de Klampt, Rizzi y Hesse durante la temporada 2011/2012.....	17
Cuadro 3. Descripción de las plantas en estudio.....	32
Cuadro 4. Características generales del período de crecimiento del fruto de las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, para las temporadas de estudio.....	36
Cuadro 5. Diferencias en la tasa de cambio del $I_{AD}$ y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. ....	37
Cuadro 6. Diferencias en la tasa de cambio en la tonalidad ( $h^{\circ}$ ) y saturación ( $C^*$ ) de piel y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. ....	38
Cuadro 7. Diferencias en la tasa de cambio de la firmeza de pulpa (N) y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.....	38
Cuadro 8. Diferencias en la tasa de cambio en el diámetro (mm) y peso (g) y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.....	39
Cuadro 9. Diferencias en la tasa de cambio de la concentración de sólidos solubles ( $brix^{\circ}$ ) y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. ....	40
Cuadro 10. Fracción de $PAR_i$ por el árbol y secciones inferior y superior en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, durante la temporada 2011/2012.....	41
Cuadro 11. Descripción de las plantas en estudio.....	57
Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) entre los parámetros de madurez en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, durante el período de precosecha de las temporadas 2010/2012.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ganancia en peso de fruto y pérdida de la firmeza ajustadas, según el día de cosecha para las variedades Klampt (A), Rizzi (B) y Hesse (C). .....	16
Figura 2. Evolución del $I_{AD}$ en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, para la temporada 2010-2011. 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 $p < 0,05$ . .....	35
Figura 3. Evolución del $I_{AD}$ en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, para la temporada 2011-2012. 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 $p < 0,05$ . .....	36
Figura 4. Evolución del $I_{AD}$ en el campo para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	37
Figura 5. Evolución de la firmeza de la pulpa (N) para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto. ....	39
Figura 6. Evolución del tamaño, diámetro ecuatorial (mm) en el campo y peso ajustado (g), para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.....	40
Figura 7. Firmeza de la pulpa (N) como función del $I_{AD}$ en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse durante precosecha. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal. ....	61
Figura 8. Tonalidad de la piel ( $h^{\circ}$ ) como función del $I_{AD}$ en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal. ....	62
Figura 9. Saturación de la piel ( $C^*$ ) como función del $I_{AD}$ en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal. ....	62
Figura 10. Evolución de la tonalidad de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.....	63

Figura 11. Tonalidad ( $h^\circ$ ) de la pulpa como función de la tonalidad de la piel en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión no lineal segmentada. ....	64
Figura 12. Evolución del $I_{AD}$ de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi, Hesse.....	64
Figura 13. $I_{AD}$ de la pulpa como función del $I_{AD}$ de la piel para las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal simple. ....	65
Figura 14. 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 Klampt. ....	66

## ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE I.....	25
APÉNDICE II.....	50

## RESUMEN

La baja productividad de los huertos de durazno conservero y la concentración de las cosechas en los meses de enero y febrero obliga a los productores a buscar alternativas en nuevas variedades y mejoras en los manejos. Con el objetivo de caracterizar el potencial productivo y maduración de variedades tardías de durazno conservero, se evaluó la productividad potencial, la dinámica de crecimiento y maduración del fruto, y el efecto de la posición del fruto en árbol sobre la maduración de las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, durante las temporadas 2010/2011 y 2011/2012. Conjuntamente, se probó el uso del índice de diferencia de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ) como índice de cosecha no destructivo.

Para la caracterización del crecimiento y maduración se evaluó el diámetro, el peso, el color de piel y pulpa, el  $I_{AD}$ , la firmeza de la pulpa y la concentración de sólidos solubles. Adicionalmente, se caracterizó la productividad potencial, la densidad floral, el porcentaje de cuaje y el ambiente lumínico.

Los resultados muestran que el porcentaje de cuaje fue similar entre variedades, entre 62 y 73%. La maduración estuvo marcada por la caída del  $I_{AD}$ , el cambio del color de fondo y la disminución de la firmeza 4 a 5 semanas antes de la cosecha comercial. Al retrasar la cosecha existió una ganancia adicional en el peso de fruto en algunas variedades tardías. En términos generales, los frutos de la zona superior del árbol maduraron antes que los frutos de la zona inferior. Sin embargo, el color de fondo fue el mismo. Además, 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  $I_{AD}$  permitió determinar el estado de madurez y ajustar el momento de inicio de cosecha en duraznos conserveros.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En la actualidad, los productores de duraznos conserveros enfrentan problemas de baja productividad y alzas en los costos de producción, debido a labores de manejo inadecuadas y a la escasa renovación varietal en sus huertos (Ojer et al., 2011). Adicionalmente, la concentración de las cosechas en los meses de enero y febrero provoca la saturación de la capacidad de las plantas procesadoras, aumentando las exigencias de calidad en la fruta recepcionada (Ojer, 2010). Este complejo escenario obliga a los productores a buscar mejoras en los manejos del huerto, con el fin de aumentar y asegurar su competitividad. Asimismo, la aparición de variedades de cosecha temprana o tardía, que permitan extender el calendario de cosecha, resulta de gran interés para aquellos productores que plantean la reformulación de sus huertos a partir de la reinjertación o la replantación.

Según Vallejos et al. (2011), para lograr aumentos en los retornos del productor, se deben desarrollar variedades tempranas y tardías con buena aptitud industrial, de modo de extender el calendario de cosecha y procesar uniformemente en el tiempo. Al respecto, Ojer et al. (2011) señalan que esto permitiría reducir la inmovilización de materia prima en cámaras frigoríficas y, al mismo tiempo, disminuir las pérdidas de fruta y los costos fijos de las plantas procesadoras.

Por ello, el conocimiento de la productividad potencial y de la maduración de las variedades tardías, nuevas o existentes, es fundamental para que el productor realice un adecuado plan de manejo y obtenga los mayores beneficios en términos productivos y de rentabilidad.

### **Rendimiento y productividad potencial**

El rendimiento en los huertos de durazno conservero está determinado por el peso de los frutos, la distribución de calibres y el volumen de producción alcanzado a la cosecha (Vallejos et al., 2011). En la mayoría de los casos, la producción está destinada a la elaboración de conservas en mitades (PDM), que corresponde a frutos cuyo peso está incluido en el rango de 100 a 250 g (Ojer et al., 2001). Los frutos con peso menor a 100 g y los que poseen carozo partido o lesiones son rechazados por la industria conservera y, a menudo, son clasificados y separados en el mismo huerto como fruta de tercera categoría, destinándose a la fabricación de mermeladas y jugos. En el caso de frutos mayores a 250 g, estos son recibidos y procesados, sin embargo, no son preferidos por la industria, pues, por su excesivo calibre, deben ser descarozados manualmente, generando una mayor demanda de mano de obra y una menor eficiencia en la línea de producción (Ojer, 2010).

Según Ojer et al. (2001), el mayor rendimiento en huerto es función de la mayor producción destinada a mitades y el máximo aprovechamiento de la fruta de descarte. Por ello, mediante el raleo de frutos, es posible ajustar la carga frutal de manera de obtener alta PDM, sin que la producción total disminuya excesivamente (Ojer et al., 1996; Costa y

Vizzotto, 2000). A nivel de industria, es importante el rendimiento de proceso, el cual va a depender de la calidad de la materia prima y, en particular, del tamaño de los frutos y el grado de madurez de éstos (Ojer, 2010).

Con respecto al potencial productivo de una variedad, este tiene directa vinculación con la densidad floral, el porcentaje de cuaje, la tasa de caídas naturales y el tamaño de los frutos (Ojer et al., 2011).

En durazneros, al igual que en otras especies de carozo, la cuaja es abundante (Costa y Vizzotto, 2000). Al respecto, Ojer (2010) y Vallejos (2009), en duraznos conserveros, han determinado un cuaje muy similar entre variedades, por lo que la carga frutal antes del raleo queda determinada por la densidad de floración. Esto constituye un dato relevante a la hora de ajustar la intensidad de poda para disminuir la carga inicial en cada variedad (Byers et al., 1990; Caruso et al., 2001).

El número de frutos en el árbol queda definido entre la tercera y la cuarta semana después de plena floración (Ojer, 2010). Según Vallejos (2009), una vez que un 10 a un 20 % de los frutos alcanza un diámetro de 18 mm, todos aquellos frutos que tienen menos de 12 mm en ese momento deberían considerarse como pasmados o que no llegarán a tener tamaño comercial. La variación en la cantidad de frutos depende del número de flores por unidad de longitud de ramilla y de las condiciones climáticas durante la polinización (Byers y Marini, 1994), especialmente la temperatura (Vallejos, 2009).

Southwick et al. (1995), Costa y Vizzotto (2000) y Caruso et al. (2001) coinciden en que el raleo de frutos es un factor crítico en la calidad del fruto, por lo que el conocimiento y cuantificación de la respuesta productiva de diferentes variedades a esta labor resulta prioritario en la gestión de las labores de manejo destinadas a la obtención de una mayor PDM.

### **Crecimiento y desarrollo del fruto**

Los frutos de duraznero presentan un patrón de crecimiento del tipo doble sigmoideo, con tres fases bien marcadas (Lemus, 1993). La fase I comprende desde pleno desarrollo de la flor hasta el inicio del endurecimiento del carozo; el endocarpo se desarrolla en un 80% y el mesocarpo tiene una máxima división celular durante las 2 ó 3 primeras semanas (Donoso et al., 2007). En la fase II, los procesos de mayor importancia son la lignificación del carozo y el crecimiento del embrión, que es incompleto en variedades tempranas y completo en variedades tardías. Por último, la fase III, desde el término de endurecimiento del carozo hasta la madurez, se caracteriza por una marcada elongación de las células, con un rápido aumento en tamaño y peso fresco del fruto, y de peso seco hacia el final del período (Gil, 2000).

La duración de cada una de estas etapas depende, principalmente, de la variedad y las condiciones climáticas (Reginato et al., 2011). La etapa I tiene una duración entre 8 y 9 semanas; la etapa II, que es la que determina la duración entre floración y cosecha, tiene

una duración de 3 a 9 semanas dependiendo de la variedad, es más larga en las tardías y más corta en las tempranas. La etapa III varía en función de la época de cosecha de las variedades, pudiendo ser de unos pocos días, hasta de varias semanas (Donoso et al., 2007; Reginato et al., 2011).

La longitud total del período de crecimiento de las diferentes variedades va desde alrededor de 115 días, en variedades de maduración temprana, hasta 170 días en aquellas que maduran al final de la temporada (Ojer, 2010). 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) (Lopez et al., 2007); valores altos de GDH 30 se correlacionan con un desarrollo más rápido del fruto. Además, DeJong (2005) y Lopez y DeJong (2007) señalan que duraznos con un ciclo más corto, debido a temperaturas primaverales más cálidas, pueden presentar reducciones en el tamaño final del fruto.

En las variedades tempranas, el corto período desde la floración a la cosecha determina que el crecimiento de frutos esté limitado por el suministro de agua y nutrientes en todo momento, lo que significa que no pueden existir déficits, pues afectarán el tamaño final del fruto. Por el contrario, en variedades tardías, el suministro adecuado de agua y nutrientes para el desarrollo del fruto será más importante en las etapas I y III, cuando el fruto está creciendo activamente (Reginato et al., 2011).

## **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 fase de desarrollo del fruto, e influyen fuertemente en el sabor, potencial de almacenamiento y en la calidad potencial de los duraznos (Crisosto et al., 1997). Así, la madurez al momento de la cosecha es el factor que más determina la vida comercial y la calidad final de la fruta (Kader, 1999). Si los frutos se cosechan inmaduros fisiológicamente, evolucionan perdiendo firmeza, pero no aparecerán el aroma y sabor característicos (Ferrer et al., 2005; Costa et al., 2006) y, además, son más susceptibles a marchitarse y a daños mecánicos (Vallejos et al., 2011).

El durazno es clasificado como un fruto climatérico, por lo que la maduración está caracterizada por un alza en la tasa respiratoria, además de un aumento en los niveles de etileno (Luchsinger y Walsh, 1993; Tonutti et al., 1991). Diversos autores han descrito el papel del etileno en los cambios de color, textura, sabor y aroma del fruto (Trainotti et al., 2003; Trainotti et al., 2007). Asimismo, se ha determinado su participación en el proceso de ablandamiento de la pulpa, mediante la regulación de enzimas que actúan en la pared celular (Hayama et al., 2006).

El ablandamiento corresponde a un proceso complejo, que comienza temprano en la maduración (Brummell et al., 2004). Éste presenta implicancias económicas importantes, ya que limita la “ventana” de cosecha por fruta blanda, y aumenta el riesgo de daño en la fruta debido a manipulación y transporte (Eccher-Zerbini et al., 2006). La solubilización y degradación de las pectinas modifica la estructura de la pared celular, reduciendo la presión de turgor de las células y alterando la relación simplasto/apoplasto (Trainotti et al., 2003). Brummell et al. (2004) y Hayama et al. (2006), en duraznos de consumo fresco, determinaron dos fases de ablandamiento, la primera, de lenta pérdida de la firmeza, con activa participación de enzimas celulasas, y la segunda, de rápida caída de la firmeza, con alta participación de las enzimas pectinmetilesterasas y galacturonasas.

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).

Seguimientos de la maduración de duraznos conserveros de una misma variedad en diferentes temporadas muestran que la pérdida de la firmeza ocurre en forma relativamente constante, lo que significa que la firmeza puede ser considerada como un indicador de madurez, permitiendo pronosticar la fecha aproximada de inicio de cosecha (Ojer et al., 2011). En general, la pérdida de la firmeza es lineal hasta aproximadamente los 62 a 53 N; una vez alcanzada esta firmeza, en algunas variedades, disminuye lentamente y tiende a estabilizarse en torno a los 35 N (Vallejos et al., 2011; Pinto, 2014).

La coloración del durazno está marcada por el cambio del color de fondo de verde a amarillo, 4 a 5 semanas antes de la cosecha (Alcobendas et al., 2012). El cambio en la pigmentación se debe a la degradación paulatina de las clorofilas y la expresión y síntesis de carotenos (Brovelli et al., 1999). El principal promotor sería el etileno, con la luz y temperatura como condicionantes de su evolución en el árbol (Ferrer et al., 2005). En algunas variedades, la cara del fruto expuesta a la luz desarrolla una coloración rojiza de cubrimiento, enmascarando el color de fondo (Seymour et al., 1993); esta característica, propia de las nuevas variedades, dificulta la determinación del momento de cosecha, ya que no refleja el estado de madurez real del fruto (Lurie et al., 2013).

En duraznos conserveros, el color de la pulpa es utilizado por la industria para aprobar o rechazar un lote (Ojer, 2010; Slaughter et al., 2013), 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 papel de los azúcares en el crecimiento y en la calidad final del fruto (Lo Bianco et al., 1999). 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; los otros azúcares se mantienen en bajas concentraciones (Cantín et al., 2009). Los ácidos orgánicos principales son el málico y el cítrico, y su concentración varía según la variedad (Donoso et al., 2007). En duraznos conserveros, la concentración de sólidos solubles (CSS) 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 (Kader, 1999).

### **Calidad del fruto y cosecha**

La madurez y calidad del fruto a la cosecha determina el rendimiento de duraznos procesados (Ojer, 2010). La fruta inmadura o sobremadura es más susceptible a desórdenes fisiológicos y daño mecánico, y es de menor calidad que la fruta madura (Kader, 1999). Por ello, el conocimiento de los parámetros de calidad de la materia prima y la correcta elección y manejo de variedades son prioritarios para aumentar los rendimientos, mejorar la calidad y optimizar el procesamiento en la agroindustria (Ojer et al., 2011)

El efecto de la posición del fruto ha sido considerado como un factor importante en la calidad (Crisosto et al., 1997), ya que existe gran variabilidad en la maduración dentro del árbol (Forlani et al., 2002), la cual es asociada principalmente a la interceptación lumínica (Farina et al., 2005). Varios autores han confirmado la estrecha relación entre la interceptación lumínica y la distribución de la fruta en la copa (Marini et al., 1991; Génard y Baret 1994; He et al., 2008; Dussi et al., 2009). Así, una óptima iluminación de la copa garantiza que el máximo de fotoasimilados vaya a la fruta, obteniendo frutos de mayor calidad (Ojer et al., 2011). No obstante, en árboles adultos, no siempre una mayor copa resulta en una mejor interceptación y distribución de la 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). Al respecto, Marini et al. (1991) señalan que, en durazneros, el sombreado retrasa la cosecha, reduce la concentración de sólidos solubles y firmeza, y cambia la relación entre firmeza y color de fondo.

Cabe destacar que, si bien se ha demostrado el efecto de la posición, las diferencias en madurez se acentúan con las diferentes condiciones de desarrollo de los frutos (Basile et al., 2007). En variedades tardías de duraznos conserveros, el suministro de agua y nutrientes limita el desarrollo del fruto en las etapas I y III, cuando el fruto está creciendo activamente (Ojer et al., 2011). Asimismo, la relación fuente-sumidero durante este período puede afectar el crecimiento del fruto, tal como la proximidad con la fuente (Corelli Grappadelli y Coston, 1991), la relación hoja-fruto y la competencia con otros frutos (Grossman y DeJong, 1995) o con el crecimiento de brotes (Caruso et al., 2001).

Para determinar el momento óptimo de la cosecha es necesario realizar un seguimiento del fruto en el árbol (Herold et al., 2005) y predecir la madurez de ellos (Zude et al., 2006). En duraznos conserveros, los parámetros más utilizados como índices de cosecha son la firmeza y el color de la pulpa (Crisosto et al., 2007). La relación de éstos con el estado de madurez del fruto ha sido demostrada por diversos autores (Delwiche, 1989; Slaughter et al., 2006). Desafortunadamente, su evaluación conlleva a métodos destructivos, poco prácticos, y que requieren un muestreo permanente de fruta (Crisosto et al., 2007). Adicionalmente, la variabilidad dentro del árbol dificulta la instrucción de cosecha en base

a estos métodos (Slaughter et al., 2006; Pinto, 2014), por lo que el éxito de la labor va a depender de la habilidad del recolector para asociar el aspecto del fruto con el estado de madurez de éste (Vallejos et al., 2011; Slaughter et al., 2013).

Según Ojer (2010), la incorporación de métodos objetivos de determinación de la intensidad de color en la gestión de 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 la cosecha; y ayudaría a evitar controversias entre productores y la agroindustria. En Chile, se ha usado exitosamente el color de fondo como criterio de cosecha, con tablas diseñadas originalmente para duraznos y nectarinas para exportación, tabla ASOEX (Vallejos et al., 2011). Lo destacable del uso de esta tabla es que los valores de color se correlacionan con la firmeza de pulpa (Ojer, 2010). Sin embargo, existen variedades con importantes diferencias de color entre la piel y la pulpa (Vallejos et al., 2011), de ahí la importancia de la validación con diferentes variedades y temporadas (Pinto, 2014).

Actualmente, las investigaciones se centran en el uso de espectroscopía vis/NIRs para la determinación del estado de madurez y el momento de cosecha (Zude et al., 2006; Benedetti et al., 2008; Zdunek et al., 2009; Lleó et al., 2009; Valente et al., 2009). El índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), calculado como la diferencia de absorbancia de la clorofila  $a$  ( $C_a$ ), en el rango de los 670 y 720 nm, por el instrumento DA-Meter (Sinteleia, Bologna, Italia), se correlaciona fuertemente con el contenido de clorofila de la piel del fruto y con la producción de etileno en duraznos y nectarinas (Ziosi et al., 2008; Lurie et al., 2013). Además, se asocia fuertemente con la firmeza de pulpa, acidez titulable (AT) y CSS (Ziosi et al., 2008; Costa et al., 2010; Infante et al., 2011; Pinto, 2014), resultando una alternativa práctica y confiable para determinar el estado de madurez de la fruta (Infante et al., 2011; Lurie et al., 2013), y el momento de cosecha (Costa et al., 2006).

## CAPÍTULO I: DETERMINACIÓN DE LA ÉPOCA DE COSECHA Y DINÁMICA DEL CRECIMIENTO Y MADURACIÓN DE VARIEDADES TARDÍAS DE DURAZNO CONSERVERO

### RESUMEN

La velocidad de caída de la firmeza y el aumento de tamaño en el último período de crecimiento del durazno conservero son determinantes en la gestión de la cosecha; un retraso de esta labor puede significar una ganancia adicional en el peso del fruto y un aumento en la producción total destinada a mitades. Con el objetivo de determinar la época de cosecha y caracterizar la dinámica de crecimiento y maduración en variedades tardías de durazno conservero, se realizó un seguimiento de la madurez de los frutos en tres variedades, Klampt, Rizzi y Hesse, durante las temporadas 2010-2011 y 2011-2012. En la primera temporada, se evaluaron 30 frutos, desde el endurecimiento del carozo 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 6 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 densidad floral y el porcentaje de cuaje, la segunda temporada.

La evolución del crecimiento y maduración de los frutos, así como la densidad floral y el porcentaje de cuaje, 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 porcentaje de cuaje fluctuó entre un 63 y 73%. Los principales cambios en la maduración se iniciaron 4 a 5 semanas antes de la cosecha comercial, marcados por una caída abrupta en el  $I_{AD}$  y una ganancia de peso adicional en 'Klampt' y 'Hesse' durante el la cosecha. El período de cosecha, dependiendo de la variedad, se movió entre 8 y 18 días, y estuvo determinado por la pérdida de la firmeza.

**Palabras clave:** carga inicial, potencial productivo, tasa de pérdida de la firmeza, 'ventana' de cosecha.

## ABSTRACT

The decrease on firmness and the increase in fruit size in the last period of canning peaches growth determine the harvest management; a delay of the harvest may result an additional gain in fruit weight and an increase in total yield for canning peaches. In order to determine the harvest time and to characterize fruit growth and maturity dynamic of late canning peaches varieties, the maturity of 'Klampt', 'Rizzi' and 'Hesse' were followed on 2010-2011 and 2011-2012 season. In the first season, 30 fruits were evaluated, from pit hardening until harvest, according to their diameter, weight, and index of absorbance difference of chlorophyll ( $I_{AD}$ ), background color, flesh firmness and soluble solids concentration. In the second season the same parameters were assessed twice a week; the evaluations started 6 weeks before commercial harvest. Additionally, floral density and fruit set were determined on second season.

Fruit growth evolution and maturity, also the floral density and percentage of fruit set were analyzed descriptively. Fruit weight gain and loss of flesh firmness during the harvest period were described using linear regressions.

The fruit set was between 63 and 73 %. The main changes during maturity period the 4 to 5 weeks before the commercial harvest, characterized by sharp decrease in the  $I_{AD}$ , and by an additional gaining fruit weight in Klampt and Hesse during the harvest period. The harvest period, depending of the variety, varies between 8 and 18 days, and was determined by the decreased firmness.

**Key words:** initial crop load, firmness loss rate, time harvest.

## INTRODUCCIÓN

En huertos de duraznos conserveros, la rentabilidad está determinada por la producción que se destina a la elaboración de conservas en mitades (PDM), que corresponde a frutos cuyo peso está incluido en el rango de 100 a 250 g, maduros, de textura firme, sin defectos de condición, ni afecciones sanitarias, y sin presencia de carozo partido (Ojer y Reginato, 2002). Asimismo, 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 que sufre la planta entre cuaje y cosecha, y el tamaño potencial de frutos (Ojer, 2010). De este modo, la carga inicial de cada variedad resulta crucial a la hora de determinar el ajuste adecuado para alcanzar la mayor producción destinada a mitades (PDM).

Las condiciones climáticas invernales y primaverales, especialmente temperatura y viento, influyen en el proceso de floración, fecundación y formación de frutos, limitando el potencial productivo (Ojer et al., 2001). Considerando que la carga inicial fluctúa año a año y que el rango de tamaño de frutos requerido por la industria conservera es amplio, es importante evaluar en qué medida una disminución de la carga inicial de frutos permite incrementar la producción destinada a mitades (PDM) y así aumentar la rentabilidad de la plantación (Ojer et al., 2011). Al respecto, Grossman y DeJong (1995a) señalan que en condiciones de alta carga inicial el crecimiento potencial del fruto se ve limitado por la disponibilidad de asimilados. Por lo tanto, una reducción temprana de la carga por labores de raleo permite recuperar parcialmente el potencial de crecimiento perdido (Grossman y DeJong, 1994; Ojer et al., 2001). En casos de baja carga inicial, el fruto crece a su tasa potencial, sin limitación de recursos, lo que sugiere raleos de baja intensidad (Berman y DeJong, 1996). No obstante, se debe considerar que muchas veces un raleo de baja intensidad resulta más perjudicial que el haber dejado todos los frutos en las plantas, pues los frutos eliminados afectan en mayor proporción la producción que la mejora en el tamaño de los mismos (Ojer et al., 2011).

Una vez que los frutos alcanzan una coloración uniforme de pulpa, con una intensidad por encima del mínimo exigido, la firmeza de pulpa es el parámetro que mejor se correlaciona con la calidad del producto final; por ello, su evolución en el árbol se considera un parámetro muy importante para manejar la cosecha (Ojer et al., 2009). Al respecto, Brovelli et al. (1998) determinaron que la caída de la firmeza a la cosecha es más lenta en duraznos conserveros que en duraznos para consumo fresco, lo que permite su recolección siendo éstos más firmes a igual estado de madurez (Valero et al., 2007). Esto es coincidente con lo reportado por Vallejos et al. (2011), quienes agregan que el ablandamiento de la pulpa en una variedad ocurre de forma relativamente constante entre temporadas; así, la pérdida lenta de firmeza durante la maduración tiene la ventaja de que la espera puede significar una ganancia adicional en el peso del fruto, ya que algunas variedades presentan, en este estado, todavía un activo crecimiento del fruto (Pinto, 2014). En este sentido, si se considera que habitualmente la cosecha tarda entre 10 a 14 días (Lurie et al., 2013), con una ganancia diaria de peso de los frutos entre 3 a 5 g (Vallejos et al., 2011), el aumento en el rendimiento por una mayor espera resulta altamente atractivo. No obstante, el riesgo de

ablandamiento de algunos frutos aumenta, lo que puede redundar en un menor rendimiento de la PDM, con pérdidas económicas importantes (Eccher-Zerbini et al., 2006)

### **Hipótesis**

La tasa de pérdida de la firmeza en duraznos conserveros presenta un comportamiento lineal, determinando un período de cosecha similar entre variedades.

### **Objetivos**

Describir la dinámica de crecimiento y maduración de frutos de variedades tardías de durazno conservero.

Determinar la época y duración de la cosecha de las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, a partir del modelamiento de la firmeza de la pulpa.

Establecer la relación entre la firmeza de la pulpa y el peso de fruto durante el período de cosecha.

Caracterizar aspectos productivos de variedades tardías de durazno conservero en función de la densidad floral y porcentaje de cuaje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

La investigación se desarrolló en las temporadas 2010/2011 y 2011/2012, en el huerto comercial El Retiro, Propiedad de Agrofoods, Comuna de Requínoa, Región del General Libertador Bernardo O'Higgins (34°19'49,68"S; 70°50'1,88"O), y en Univiveros, camino a Huelquén, Comuna de Paine, Región Metropolitana (33°48'12,57"S; 70°45'6,17"O). Las evaluaciones 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, Comuna de La Pintana, Región Metropolitana (33°34'11,59"S; 70°37'48,86"O).

### Material vegetal

Se utilizaron tres variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch), injertados sobre patrón Nemaguard, orientados en dirección Norte-Sur y con riego por goteo. En ambas temporadas, para cada variedad, se utilizaron 3 plantas. Las características de los huertos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de las plantas en estudio.

Temporada	Variedad	Lugar	Año de plantación	Distancia de plantación	Sistema de conducción
2010/2011	Klampt	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Rizzi	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Hesse	Paine	2003	3 x 5	Vaso
2011/2012	Klampt	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Rizzi	Requínoa	2007	2 x 5	Ípsilon transversal
	Hesse	Requínoa	2007	2 x 5	Ípsilon transversal

En ambas temporadas se eligieron árboles uniformes en cuanto a desarrollo, vigor y altura, sin síntomas de enfermedades aparentes, con manejos culturales y condiciones de luz similares. El material utilizado corresponde a plantas de huertos uniformes, de nivel regular a bueno.

## Evaluaciones

### Crecimiento y maduración de frutos

La evolución del crecimiento y desarrollo de frutos se realizó en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. En la primera temporada, después del raleo comercial, la segunda quincena de octubre, se seleccionaron 3 árboles homogéneos entre sí y se marcaron 10 frutos por cada uno, distribuidos a distintas alturas de la copa, bajo condiciones de luminosidad similar; semanalmente, desde el endurecimiento del carozo hasta cosecha, se evaluó 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. Conjuntamente a la medición, se colectaron 30 frutos de árboles vecinos, los cuales fueron trasladados al laboratorio, donde se evaluó su masa con una balanza digital (g); el diámetro ecuatorial y polar (mm); el índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), y el color de la piel, con un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón), con fuente de iluminante D65 y un ángulo de observador de  $0^\circ$ , utilizando el sistema CIELab, calibrado con un estándar blanco. La medición se realizó en ambas mejillas, según lo descrito por McGuire (1992), determinando los valores de L, a y b, para luego obtener los índices de tonalidad ( $h^\circ$ ) y saturación ( $C^*$ ), promediando ambas caras. Además, se determinó la firmeza de la pulpa (N) en cada mejilla, con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica), previa remoción de la epidermis, utilizando un émbolo de 7,9 mm con una penetración de 10 mm. La concentración de sólidos solubles en el jugo de la pulpa se determinó mediante el uso de un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón), expresándolo en brix°.

En la segunda temporada, las mediciones se iniciaron 6 semanas antes de la fecha estimada de cosecha comercial. Para ello, se seleccionaron 3 árboles a los cuales se les marcaron 20 frutos por árbol, distribuidos a distintas alturas de la copa, en condiciones de luminosidad similar; se les realizó 2 mediciones semanales de diámetro e  $I_{AD}$ . Paralelamente, en cada fecha, se colectaron 20 frutos para evaluar en laboratorio los mismos parámetros de la temporada anterior.

### Cosecha y madurez del fruto

La cosecha, en ambas temporadas, se realizó en dos pasadas, cuando los frutos adquirieron una firmeza estimada entre 36 y 30 N, y color de fondo verde amarillo a amarillo, lo que corresponde de DN-3 a DN-5, según la Tabla de color ASOEX para duraznos y nectarinas. Al mismo tiempo, se determinó el diámetro ecuatorial (mm), la masa (g) y la firmeza de pulpa (N).

El período de cosecha se definió como el rango de firmeza aceptable para la industria, entre 53 y 27 N, calculando el período en base a la tasa de ablandamiento.

### **Densidad floral y porcentaje de cuaje**

En la floración de la segunda temporada, se seleccionaron 6 árboles por variedad y se marcaron tres “cargadores” por cada uno. Estos fueron de 2 o más años, con un mínimo de 5 ramillas/m lineal, ubicados en la zona media de la planta y en buenas condiciones de luminosidad. En el momento de 80 a 100% de floración, se determinó el largo de estructuras presentes (ramillas y/o dardos), y el número de flores por metro lineal de ramilla. Posteriormente, previo a la labor de raleo, se evaluó el número de frutos cuajados en 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 (segunda quincena de octubre).

### **Análisis estadístico**

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

Las relaciones de ganancia de peso de los frutos y la pérdida de firmeza de la pulpa en función del período de cosecha, para cada variedad, se determinaron mediante regresiones lineales, con el programa estadístico InfoStat versión 2013 (Di Rienzo et al., 2013). En el caso de Klampt y Hesse, se analizó las temporadas por separado, caracterizando en cada una, el peso promedio de fruto.

## RESULTADOS

### Crecimiento y maduración de frutos

La duración del período de crecimiento de las variedades fue alrededor de 171 días en 'Hesse', 152 días en 'Rizzi' y 142 días en 'Klampt'. El diámetro y peso de fruto aumentó considerablemente en la fase III, estabilizándose a la cosecha. En 'Klampt', esta fase de crecimiento fue más corta respecto de 'Rizzi' y 'Hesse', siendo la tasa de crecimiento aparentemente mayor (Apéndice I; Figuras 1; 2 y 3)

Los cambios perceptibles en la maduración se iniciaron aproximadamente 25 días antes de la cosecha comercial, coincidiendo con la segunda mitad de la fase III de crecimiento de fruto, manifiesto por el cambio de color de fondo y la degradación de la clorofila (Apéndice I; Figuras 1; 2 y 3). La tonalidad del color de fondo decayó desde ángulos hue cercanos a 120° (verde) hasta ángulos de 80° (amarillo); por el contrario, la saturación aumentó progresivamente en la medida que los frutos maduraron, desde el inicio de la fase III. El  $I_{AD}$  presentó un comportamiento similar al tono, mostrando una caída abrupta desde valores cercanos a 2,0, momento en que empieza a aumentar la degradación de la clorofila (Ziosi et al., 2008). La firmeza de la pulpa decreció linealmente hasta la cosecha, en las tres variedades, en paralelo al cambio de color y caída del  $I_{AD}$ . Finalmente, el comportamiento de los sólidos solubles se mantuvo estable hasta 10 a 15 días antes de la cosecha, donde, en general, se aprecia un aumento de los azúcares solubles.

### Cambios durante el período de cosecha

Los modelos de ganancia de peso de los frutos en el árbol se obtuvieron a partir de su diámetro (Figura 1), debido al alto grado de asociación entre el peso y diámetro de los frutos muestreados ( $R^2=0,98$ ) en las dos temporadas en estudio. La firmeza de la pulpa para la cosecha se estableció según los límites establecidos por la industria de duraznos conserveros, en un rango de 53 N a 27 N. La pérdida de la firmeza mostró un comportamiento lineal en las tres variedades, en ambas temporadas; la pendiente más alta se observó en 'Klampt', determinando una ventana de cosecha más corta respecto de 'Rizzi' y 'Hesse', con tan solo 8 días. La ventana de cosecha más extensa se observó en 'Hesse', entre 16 a 18 días. Con respecto a la ganancia de peso, 'Klampt' y 'Hesse' aumentaron su peso de fruto entre 3,9 y 2,0 g por día, en promedio. En contraste, 'Rizzi' no presentó una ganancia de peso importante. En 'Klampt', se determinó un peso promedio de fruto de 170 g la temporada 2010/2011 y de 203 g la temporada 2011/2012; en 'Hesse' el peso promedio de fruto fue 232 y 182 g, la primera y segunda temporada, respectivamente. La ganancia de peso en 'Klampt' fue descendente en frutos de tamaño sobre 200 g; para frutos en torno a los 170 g, la ganancia fue estable, alrededor de 4 g/día. En el caso de 'Hesse', si bien la tasa de ganancia de peso no mostró variabilidad importante durante la cosecha, mantuvo una ganancia diaria promedio en torno a los 3,8 g.

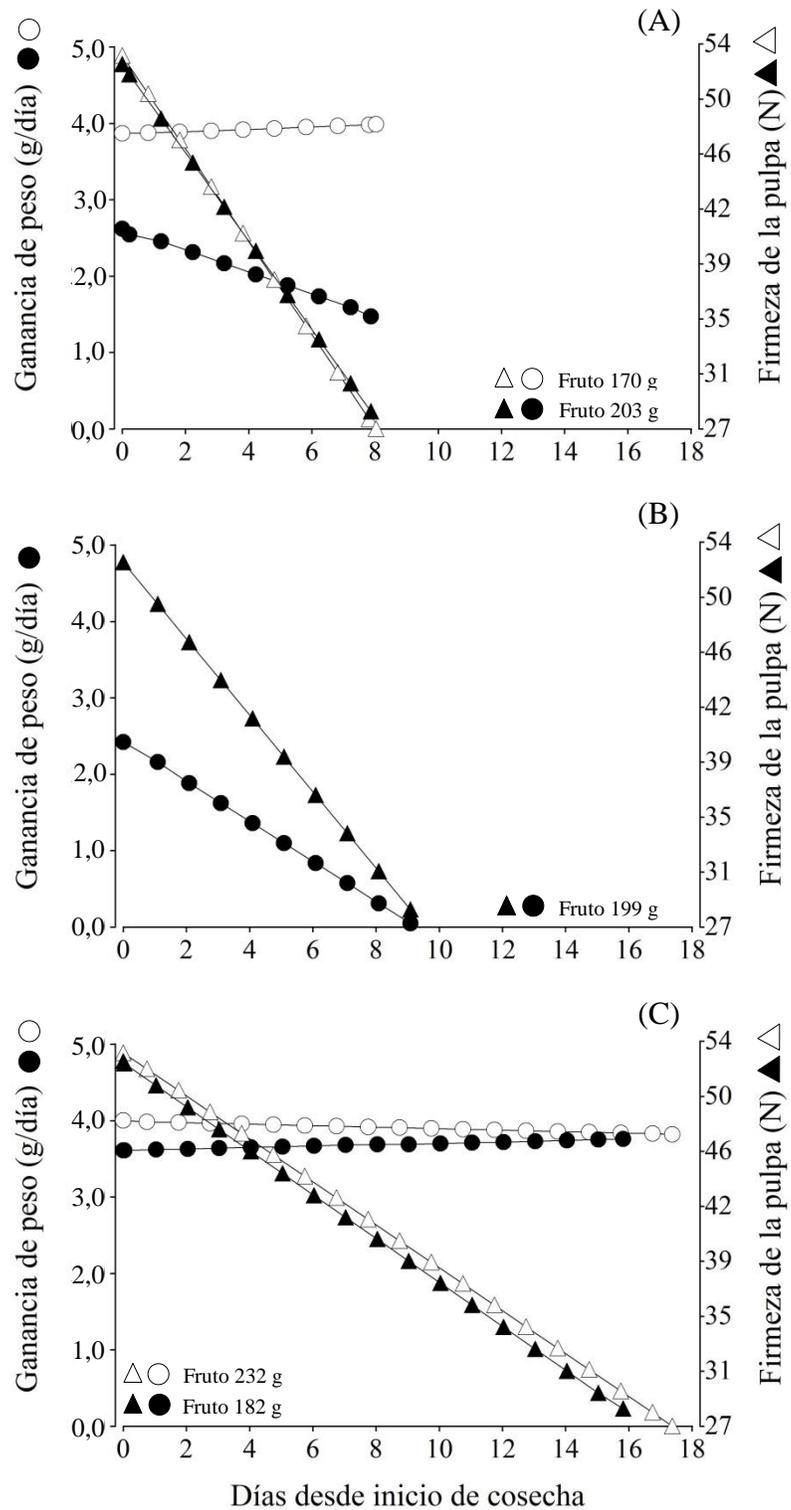


Figura 1. Ganancia en peso de fruto y pérdida de la firmeza ajustadas, según el día de cosecha para las variedades Klaupt (A), Rizzi (B) y Hesse (C).

En este estudio, 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, ‘Klampt’ y ‘Hesse’, se observó la clara tendencia que los frutos grandes crecieron a una mayor tasa que los frutos pequeños. Sin embargo, el comportamiento y tasa de pérdida de la firmeza fue similar para una misma variedad, en las dos temporadas, con distintas condiciones productivas y climáticas (Figura 1).

### Densidad floral y cuaje

‘Klampt’ y ‘Hesse’ presentaron una alta densidad floral, sobre 40 flores por metro lineal de ramilla. La carga inicial de frutos fue menor en ‘Rizzi’ y mayor en ‘Klampt’, 11 y 31 frutos/m, respectivamente. El porcentaje de cuaje fue similar entre las variedades estudiadas, entre 63 y 73% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad de flores y frutos, y porcentaje de cuaje de Klampt, Rizzi y Hesse durante la temporada 2011/2012.

Variedad	flores/m lineal de ramilla	frutos/m lineal de ramilla	% cuaje
Klampt	43	31	73
Rizzi	30	11	70
Hesse	54	30	63

## DISCUSIÓN

Las 3 variedades evaluadas mostraron un cuaje muy semejante, entre 63 y 73% (Cuadro 2). Esta información es coincidente con la reportada por Vallejos (2009) y Ojer (2010). De este modo, la carga frutal al momento del raleo queda determinada por la densidad de floración, lo que constituye un dato relevante a la hora de ajustar la intensidad de poda de cada variedad (Ojer, 2010). El mayor número de flores por metro de ramilla se observó en ‘Klampt’ y ‘Hesse’, caracterizándose como variedades de alta y muy alta densidad floral, respectivamente, según la clasificación de Ojer et al. (2011); Rizzi, en tanto, por una densidad floral media. La carga inicial fue mayor en ‘Klampt’ y ‘Hesse’, clasificándose, según lo descrito por Ojer (2010), como variedades de carga frutal muy alta.

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 final de los duraznos (Ojer et al., 2001; Caruso et al., 2001). En variedades con alta carga inicial, como Klampt y Hesse, el crecimiento potencial es tempranamente limitado por la alta competencia por asimilados entre frutos, y entre éstos y brotes (Ojer et al., 2001). Al respecto, Grossman y DeJong (1995a) y Ojer et al. (2001) coinciden en que raleos tempranos, dos semanas antes del inicio del endurecimiento del carozo, implican una fuerte disminución de la competencia, lo que determina un cambio en la tasa de crecimiento de frutos, que permite recuperar parcialmente el potencial de crecimiento perdido. En el caso una baja carga inicial, no hay limitación de recursos y, por ende, los frutos crecen a su tasa potencial, alcanzando un mayor tamaño a la cosecha (Ojer et al., 2001; Berman y DeJong, 1996). Según Ojer et al. (2011), la decisión de efectuar o no un ajuste de carga es fundamental, ya que muchas veces es éste, el que define la rentabilidad del huerto.

Por ello, es necesario validar los resultados encontrados con futuras investigaciones, ampliando el número de variedades a seguir, y generando herramientas que faciliten la toma de decisiones al momento de definir la intensidad del raleo (Vallejos, 2009).

El crecimiento, en peso y diámetro, mostró el patrón doble sigmoideo característico de los frutales de carozo (Apéndice I; figuras 1; 2 y 3). En las tres variedades estudiadas, la fase III de crecimiento estuvo marcada por una rápida ganancia en peso, similar a lo observado por Marini et al. (1991). La duración de cada una de las fases de desarrollo, así como el largo del ciclo de crecimiento varió según la variedad y las condiciones climáticas (Ojer et al., 2011). La reducción del índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), en paralelo al cambio de coloración del fruto, marcó el inicio de la caída en la firmeza de la pulpa, aproximadamente 3 semanas antes de la cosecha (Apéndice I; figuras 1; 2 y 3); información coincidente con la reportada por Pinto (2014). De acuerdo a Crisosto et al. (2007), la degradación de la clorofila se correlaciona fuertemente con la maduración, por lo que la evaluación del  $I_{AD}$ , como medición indirecta del contenido de clorofila (Lurie et al., 2013), resulta en una alternativa interesante a los índices de cosecha convencionales. Con respecto a la firmeza de la pulpa, ésta decayó linealmente hacia la cosecha en todas las variedades, similar a lo observado por Vallejos et al. (2011). El comportamiento de los sólidos solubles no mostró mayor variación durante el período de seguimiento, sin embargo, ‘Klampt’ y

‘Hesse’ mostraron la clara tendencia al aumento de los SS 10 a 15 días antes de la cosecha. A nivel de huerto, la CSS no es utilizada como índice de cosecha, debido al comportamiento errático en frutos de una misma planta o entre plantas de un mismo sector (Cantín et al., 2009; Alcobendas et al., 2012), y está más asociada a un índice de calidad (Marini et al., 1991). Al respecto, Ojer et al. (2011) señalan que, en correspondencia con el período en que la firmeza disminuye de 12 a 6 lb, que varía entre 9 y 15 días según la variedad, la CSS se incrementa 0,08 y 0,12° brix por día, lo que significa que ante grandes modificaciones en la firmeza de la pulpa, el incremento en la CSS es sensiblemente menor y no permite manejar la cosecha en función de su variación.

La tasa de caída de la firmeza resultó determinante para establecer la duración del período de cosecha, variando entre 8 y 18 días en las diferentes variedades (Figura 1). A diferencia de lo observado en duraznos de consumo fresco (Lewallen y Marini, 2003; Farina et al., 2005; Eccher-Zerbini et al., 2006), la reducción de la firmeza en duraznos conservados resultó lineal, corroborando lo observado por Pinto (2014); además, fue relativamente constante entre temporadas, lo que estaría explicado por un factor varietal y/o propio de la especie, independiente de la carga frutal y las condiciones climáticas (Crisosto et al., 2007; Ojer, 2010; Vallejos et al., 2011). De acuerdo a la clasificación de Vallejos et al. (2011), la caída de la firmeza fue lenta en ‘Hesse’, con pérdidas de 1,6 N/día; intermedia en ‘Rizzi’ con 2,1 N/día; y rápida en ‘Klampt’, con 3,4 N/día.

Diversos autores coinciden en que un retraso en la cosecha puede mejorar el tamaño del fruto (Marini et al., 1991; Eccher-Zerbini et al., 2006; Pinto, 2014); no obstante, este aumento dependerá de la tasa de crecimiento y la velocidad de caída de la firmeza. En este caso, la ganancia de peso sólo fue importante en ‘Hesse’ y ‘Klampt’. En ‘Hesse’, la lenta pérdida de la firmeza sumada a una ganancia promedio de 3,8 g/día genera una gran ventaja, ya que permite retrasar la cosecha sin apremio y aumentar la PDM (Ojer, 2010). En contraste, ‘Klampt’ presenta una rápida caída de la firmeza, por lo que la decisión de retrasar la cosecha va a depender de la logística de cosecha y el transporte (Vallejos et al., 2011).

En ‘Klampt’, se observó que los frutos de menor tamaño aumentaron su tasa de crecimiento posterior al primer floreo, día 0 y 1 (Figura 1); esto estaría explicado por la reducción de la competencia por asimilados entre frutos, lo que permite recuperar parte del potencial de crecimiento perdido durante el período de recursos limitantes (Ojer et al., 2001). En el caso de los frutos grandes, la tasa de ganancia de peso durante la cosecha disminuyó, debido, probablemente, a que los frutos alcanzaron un tamaño cercano a su tamaño potencial y el crecimiento se vio limitado por su capacidad para atraer y acumular asimilados (Grossman y DeJong, 1995a). Por tanto, es posible suponer que los frutos grandes provienen de árboles con menor carga, y, en consecuencia, crecieron a una mayor tasa debido a la menor competencia por asimilados (Grossman y DeJong, 1995b).

En consecuencia, la lenta pérdida de la firmeza durante la maduración y la posibilidad de cosechar en 2 vueltas, extendiendo el período de cosecha, favorecen una ganancia adicional en peso seco del fruto, por una reducción de la competencia por asimilados (Grossman y DeJong, 1995b). Cabe destacar que esta ganancia va a depender del nivel de carga de los

árboles; por ello, en futuros estudios, es necesario aislar este efecto estableciendo la relación a distintos niveles de carga frutal.

## CONCLUSIONES

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

La tasa de pérdida de la firmeza en 'Klampt', 'Rizzi' y 'Hesse' presenta un comportamiento lineal, sin embargo, esta varía según la variedad, determinando períodos de cosecha distintos.

Los principales cambios que ocurren en la maduración de variedades tardías se inician 4 a 5 semanas antes de la cosecha comercial.

El porcentaje de cuaje fluctúa entre 63 y 73% en las variedades tardías de durazno conservero estudiadas.

La tasa de pérdida de la firmeza, en 'Hesse', permite ampliar el período de cosecha hasta 16 días; en 'Klampt' y 'Rizzi', 8 días.

## 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.
- Berman, M. and T. DeJong. 1996, Feb. Water stress and crop load effects on fruit flesh and dry weights in peach (*Prunus persica*). *Tree Physiology*, 16: 859-864.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Grossman, Y. and T. DeJong. 1994. PEACH: A simulation model of reproductive and vegetative growth in peach trees. *Tree Physiology*. 14: 329--345.

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.

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.

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. 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.; 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 y G. Reginato. 2002, jul. Efectos de la carga frutal en duraznero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 34 (1): 39-46.

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.

Pinto, C. 2014. Caracterización de la maduración y productividad de variedades tempranas de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch). Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención en Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 99h.

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.

Vallejos, F. 2009. Circular técnica N°2. Departamento Técnico Agrofoods. 7p.

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

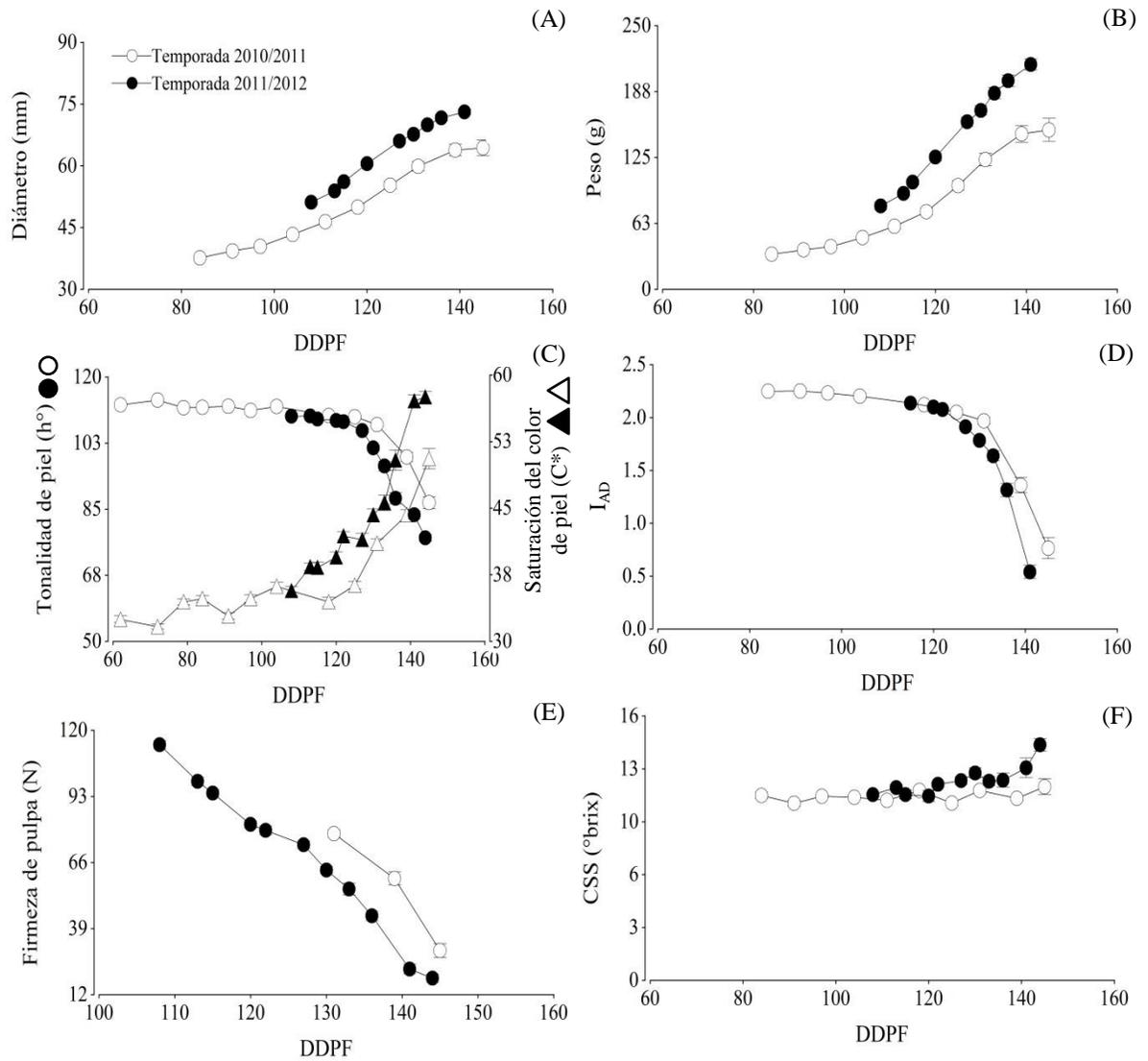


Figura 1. Evolución del tamaño y principales parámetros de madurez de frutos de la variedad Klampt en función de los días después de plena flor (DDPF), durante las temporadas 2010/2011 y 2011/2012. A) diámetro ecuatorial; B) peso; C) tonalidad y saturación de la piel; D)  $I_{AD}$ ; E) firmeza de la pulpa; F) concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

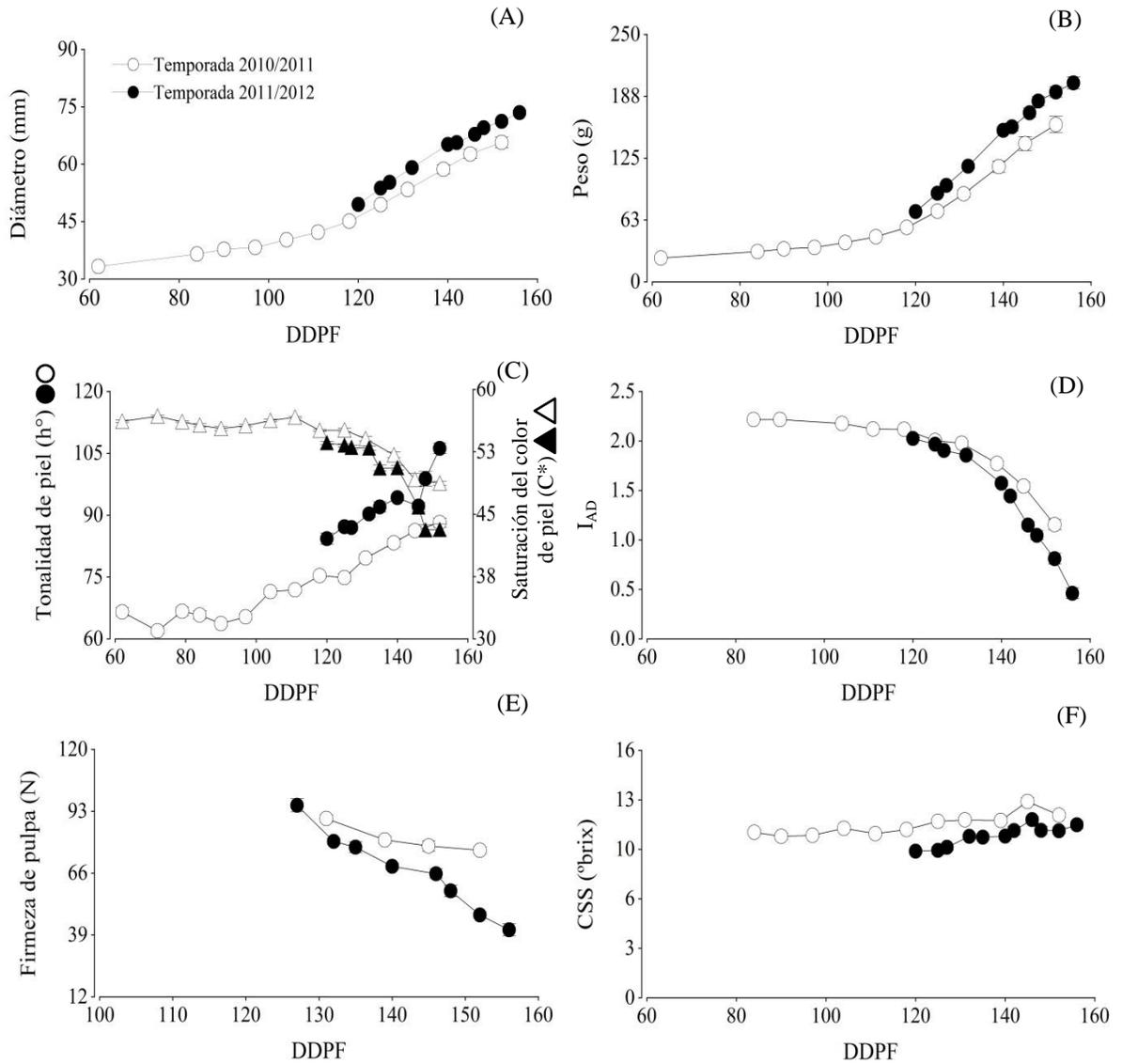


Figura 2. Evolución del tamaño y principales parámetros de madurez de frutos de la variedad Rizzi en función de los días después de plena flor (DDPF), durante las temporadas 2010/2011 y 2011/2012. A) diámetro ecuatorial; B) peso; C) tonalidad y saturación de la piel; D)  $I_{AD}$ ; E) firmeza de la pulpa; F) concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

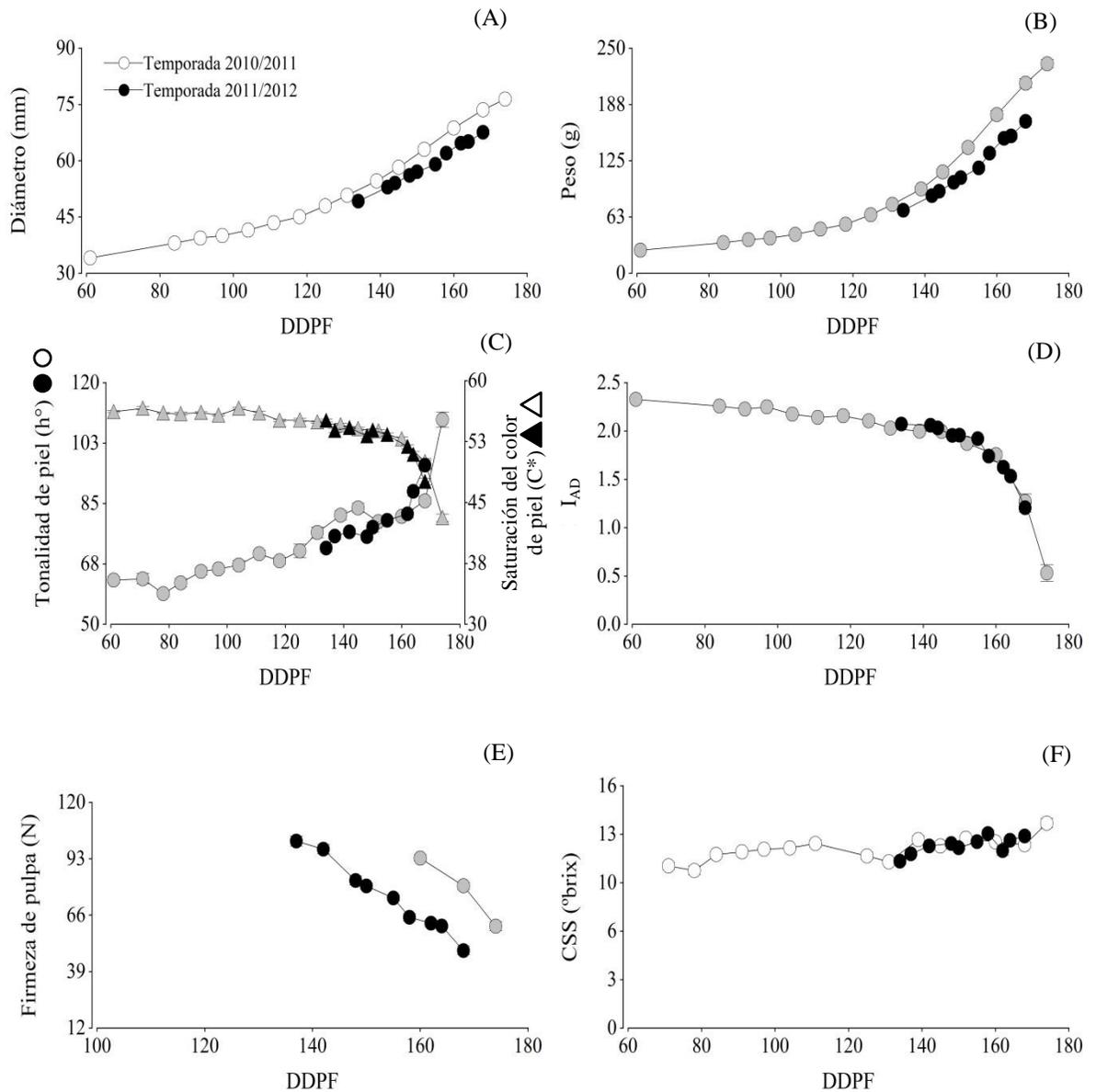


Figura 3. Evolución del tamaño y principales parámetros de madurez de frutos de la variedad Hesse en función de los días después de plena flor (DDPF), durante las temporadas 2010/2011 y 2011/2012. A) diámetro ecuatorial; B) peso; C) tonalidad y saturación de la piel; D)  $I_{AD}$ ; E) firmeza de la pulpa; F) concentración de sólidos solubles. Barras verticales indican error estándar.

## **CAPÍTULO II: EFECTO DE LA POSICIÓN DEL FRUTO EN EL ÁRBOL SOBRE LA MADUREZ Y CALIDAD DE DURAZNO CONSERVERO**

### **RESUMEN**

Los duraznos conserveros presentan una gran variabilidad en la maduración en el árbol. Para determinar el efecto de la posición del fruto sobre la evolución de la madurez, se montó un ensayo durante las temporadas 2010/2011 y 2011/2012 en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Se seleccionaron y marcaron tres árboles por variedad, separando sección inferior y sección superior de la copa, de 0,5 a 1,7 m y de 1,7 a 3,0 m, respectivamente. Se caracterizó la evolución del tamaño de fruto, concentración de sólidos solubles, firmeza de pulpa y color de fruto. La segunda temporada se caracterizó el ambiente lumínico de ambas secciones. Para el comportamiento del  $I_{AD}$ , en cada temporada y por variedad, se ajustaron regresiones segmentadas; el punto de quiebre y caída lineal del  $I_{AD}$  ocurrió 25 a 20 días antes de cosecha, y determinó el período de estudio de la madurez, hasta la cosecha. El análisis de la posición del fruto en la copa se realizó mediante modelos ajustados de regresión lineal simple, bajo el marco teórico de modelos lineales mixtos. El tamaño del fruto y la CSS fue mayor en los frutos de la parte superior, coincidiendo con un  $I_{AD}$  y firmeza menor. La tonalidad del color de fondo no varía según la posición del fruto en la copa. La diferencia en la firmeza estaría dada por el mayor grado de exposición del fruto a la luz. En general, el efecto de la posición del fruto está determinado por la cantidad y distribución de luz en la copa y las condiciones de desarrollo en la planta.

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

**ABSTRACT**

Canning peaches present high variability in maturity at harvest within the same tree. To determine the effect of fruit position on maturity, a trial was performed during 2010/2011 and 2011/2012 seasons in peaches 'Klampt', 'Rizzi' and 'Hesse'. Three trees were selected per cultivar assessed according to canopy section lower and upper (0.5 to 1.7 m and from 1.7 to 3.0 m, respectively). The evolution of fruit size, soluble solids concentration (SSC), flesh firmness and fruit color were evaluated on last period maturation. On the second season, light environment was characterized in both tree sections.  $I_{AD}$  was adjusted for each seasons and for variety to segmented regressions; the change of color and  $I_{AD}$  linear fall occurred from 25 to 20 days before harvest, determining maturation until the harvest. Fruit position was analyzed by simple linear regressions, under the theoretical frame of linear mixed models. Fruit size and the SSC were higher in upper fruits, coinciding with a lower  $I_{AD}$  and firmness. Background color did not vary according to fruit position in the canopy. The difference in fruit firmness could be due to a higher degree of exposure light of fruit in the canopy. In general, fruit position is determined by the quantity and distribution of light in the tree canopy and plant development conditions.

Key words: GDH, index of absorbance difference of chlorophyll ( $I_{AD}$ ), luz.

## INTRODUCCIÓN

La producción de los huertos frutales depende fuertemente de la interceptación y uso eficiente de la luz (Marini et al., 1991). Su máximo aprovechamiento está directamente relacionado con labores de huerto que resulten en una mayor captura de luz por el follaje y los frutos (Rom, 1991; Dussi et al., 2009). Así, para Wünsche y Lakso (1996), la producción total de materia seca, así como la producción de fruta, es función de la cantidad total de radiación solar interceptada por el huerto. Sin embargo, el aumento potencial de la productividad, por el aumento de la interceptación de la radiación solar no necesariamente conduce a un alto rendimiento y calidad de fruta (Palmer, 1999); esto porque la repartición de la materia seca total en la fruta requiere de una distribución de la luz en los sitios fructíferos de la copa.

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). Al respecto, Bible y Singha (1993), Lewallen y Marini (2003) y Luchsinger et al. (2002), señalan que, en duraznero, la heterogeneidad de la maduración en el árbol depende de las diferentes condiciones de luz y temperatura a las cuales el fruto es expuesto según su posición en la copa. Así, George et al. (1996) y Seok-Kyu y Hyun-Sug (2010) determinaron una estrecha relación entre la radiación solar y los parámetros de madurez y calidad de los frutos, siendo determinante en la segunda mitad de la fase III de crecimiento (Marini et al., 1991). Asimismo, Forlani et al. (2002) hallaron que el tamaño y color de fruto, así como también la concentración de sólidos solubles (CSS), la acidez titulable (AT) y la firmeza de pulpa, varían considerablemente entre frutos que se encuentran expuestos o dentro del árbol. También, Pinto (2014) determinó que los frutos localizados en la parte alta de la copa presentan mejor tamaño, CSS y color de fondo que los frutos de la parte baja; el índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ) es mayor en los frutos inferiores, y la firmeza no varía según la posición del fruto en el árbol. Por tanto, la luz es importante para ciertas características de calidad en durazno (Marini et al., 1991) y, en términos de tamaño, color y CSS, siempre es mejor en la parte alta de la copa (Caruso et al., 2001; Ortín, 2004; Lewallen y Marini, 2003; Nilsson y Gustavsson, 2007).

Diversos estudios han demostrado el efecto de la luz y la posición del fruto sobre la maduración, sin embargo, dicho efecto se ve acentuado bajo condiciones limitantes para el desarrollo, ya sea por estados de estrés hídrico, exceso de carga, vigor, entre otros (Basile et al., 2007). En variedades tardías de duraznos conserveros, el suministro de agua y nutrientes limita el desarrollo del fruto en las etapas I y III, cuando el fruto está creciendo activamente por división y elongación celular, respectivamente (Ojer et al., 2011). Asimismo, la relación fuente-sumidero durante este período puede afectar el crecimiento del fruto, tal como la proximidad con la fuente (Corelli Grappadelli y Coston, 1991), la relación hoja-fruto (Wu et al., 2005) y la competencia con otros frutos (Grossman y DeJong, 1995) o con el crecimiento de brotes (Caruso et al., 1997).

Desde el punto de vista comercial, en duraznos conserveros es fundamental planificar y ajustar las prácticas de manejo en función del crecimiento y dinámica de la maduración, pues la uniformidad de la cosecha y mejor calidad de la materia prima aumentan la productividad de los huertos, y garantizan un mayor rendimiento de proceso en la agroindustria (Ojer, 2010).

### **Hipótesis**

Los frutos de durazneros conserveros de cosecha tardía ubicados en la parte inferior de la copa maduran después y son de menor calidad que aquellos posicionados en la parte superior.

### **Objetivos**

Caracterizar la evolución del crecimiento y maduración de frutos de la zona alta y baja de la copa en durazneros conserveros de cosecha tardía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

La investigación se desarrolló en las temporadas 2010/2011 y 2011/2012, en el huerto comercial El Retiro, Propiedad de Agrofoods, Comuna de Requínoa, Región del General Libertador Bernardo O'higgins (34°19'49,68"S; 70°50'1,88"O), y en Univiveros, camino Huelquén, Comuna de Paine, Región Metropolitana (33°48'12,57"S; 70°45'6,17"O). Las evaluaciones 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, Comuna de La Pintana, Región Metropolitana (33°34'11,59"S; 70°37'48,86"O).

### Material vegetal

Se utilizaron tres variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch), Klampt, Rizzi y Hesse, injertados sobre patrón Nemaguard, orientados en dirección Norte-Sur y con riego por goteo. En ambas temporadas, para cada variedad, se utilizaron 3 plantas. Las características de los huertos se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de las plantas en estudio.

Temporada	Variedad	Lugar	Año plantación	Marco plantación	Sistema de conducción
2010/2011	Klampt	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Rizzi	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Hesse	Paine	2003	3 x 5	Vaso
2011/2012	Klampt	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Rizzi	Requínoa	2007	2 x 5	Ípsilon transversal
	Hesse	Requínoa	2007	2 x 5	Ípsilon transversal

### Procedimiento de muestreo

Se determinaron 3 casos de estudio, evaluando, en cada uno de ellos, la combinación variedad-sección. Para los casos, se usaron 3 plantas, las cuales fueron separadas en sección inferior y sección superior, entre 0,5 m a 1,7 m y 1,7 m a 3,0 m de altura, respectivamente. La unidad de evaluación fue el fruto, con 15 repeticiones por sección la primera temporada, y 20 la segunda. Los frutos de cada zona de la copa fueron elegidos al azar, con diferente exposición y profundidad en la copa.

En ambas temporadas, los árboles utilizados fueron uniformes en cuanto a desarrollo, vigor y altura, sin síntomas de enfermedades aparentes, con manejos culturales y condiciones de luz similares.

### Evaluaciones

Se realizó una caracterización del crecimiento y maduración de los frutos de las distintas variedades según su posición en el árbol. En la primera temporada, después del raleo comercial, se seleccionaron 3 árboles por variedad y se marcaron 10 frutos por árbol, 5 frutos en la sección superior, sobre 1,7 m del suelo, y el resto en la sección inferior, bajo los 1,7 m. Se evaluó semanalmente, desde endurecimiento de carozo y hasta cosecha, el diámetro ecuatorial (mm), con pie de metro digital, y el índice de absorbancia de clorofila ( $I_{AD}$ ), con el equipo Da meter (Sinteleia, Bologna, Italia), midiendo en ambas caras del fruto.

Paralelamente a la medición, se muestrearon y cosecharon 15 frutos de la sección superior y 15 frutos de la sección inferior de árboles vecinos a las plantas seleccionadas, que presentaban un  $I_{AD}$  y diámetro similar a los frutos marcados. En el laboratorio se evaluó la masa (g), con una balanza digital; el diámetro ecuatorial (mm), mediante un pie de metro digital; el  $I_{AD}$ , con un equipo Da meter (Sinteleia, Bologna, Italia), en la zona ecuatorial más representativa del color de cada mejilla; el color de piel, con un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón), con fuente de iluminante D65 y un ángulo de observador de  $0^\circ$ , utilizando el sistema CIELab, y calibrado con un estándar blanco; determinando los valores de L, a y b, para luego obtener, según lo descrito por McGuire (1992), la tonalidad ( $h^\circ$ ) y saturación ( $C^*$ ). Además, se determinó la firmeza de la pulpa (N), con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica) en ambas mejillas, utilizando un émbolo de 7,9 mm y penetrando 10 mm, previa remoción de epidermis. La concentración de sólidos solubles, se midió con un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón), evaluando el jugo de la pulpa, y expresándolo en brix $^\circ$ .

En la segunda temporada, las mediciones se iniciaron 6 semanas antes de la fecha estimada de cosecha comercial. Se escogieron 3 árboles, marcando 20 frutos por cada uno, 10 en la zona superior y 10 en la zona inferior de la copa. Se evaluó 2 veces por semana el diámetro e  $I_{AD}$ . Asimismo, de árboles vecinos, se colectaron 10 frutos de la zona superior y 10 de la zona inferior, evaluando en laboratorio los mismos parámetros de la temporada anterior.

En ambas temporadas, al momento de la cosecha, determinada por firmeza de pulpa entre 36 y 30 N, y de color de fondo verde-amarillo a amarillo, equivalente de DN3 a DN5 según Tabla de color ASOEX para duraznos y nectarinas, se colectaron los frutos marcados por árbol y por variedad, evaluando en laboratorio 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 (%).

El peso del fruto, para cuantificar las diferencias entre secciones, fue estimado a partir del diámetro ecuatorial medido en campo (Apéndice II, Figura 1).

En ambas temporadas se registró la temperatura media diaria de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada huerto, estaciones Huelquén y Requínoa, determinando la evolución de la temperatura como horas grados de crecimiento (GDH).

### **Caracterización del ambiente lumínico**

En la segunda temporada, durante la cosecha, se realizó una caracterización del ambiente lumínico de los árboles seleccionados por variedad para el seguimiento de la maduración. En ellos, se determinó la fracción de radiación solar no interceptada ( $PAR_{ni}$ ) con un ceptómetro AccuPAR LP-80 (Decagon Devices, EE.UU.), el cual integra el registro de 80 sensores. Las mediciones se hicieron bajo la copa del árbol y a 1,7 m de altura, desde la mitad de la entrehilera y hasta la mitad de la siguiente; en total, se tomaron 36 lecturas de  $PAR_{ni}$  por medición, confeccionando una parrilla de evaluación que cubre toda la superficie asignada por árbol. Se evaluó en 5 momentos del día: mediodía solar, cuatro y dos horas previas y posteriores al mediodía solar. Se estableció la radiación incidente sobre el huerto ( $PAR_0$ ) y la radiación no interceptada ( $PAR_{ni}$ ), resultando, por diferencia, la radiación interceptada ( $PAR_i = PAR_0 - PAR_{ni}$ ). La sección superior fue caracterizada por el  $PAR_i$  a 1,7 m, mientras que la sección inferior resultó por la diferencia del  $PAR_i$  por árbol y el  $PAR_i$  por la sección superior.

### **Análisis estadístico**

Dado el comportamiento del  $I_{AD}$  en el tiempo, se ajustaron regresiones no lineales segmentadas por temporada, determinando los 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  $I_{AD}$  mostró una disminución lineal, en precosecha, considerando este período para analizar la evolución de la maduración, aproximadamente 15 a 20 días antes de la cosecha.

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, por variedad, se realizaron pruebas de contrastes a las pendientes de las regresiones, en el inicio del quiebre y en la cosecha, con un  $\alpha < 0,05$ . 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  $I_{AD}$  en el tiempo mostró poca variación hasta 2 a 3 semanas antes de la cosecha; momento en que comienza la degradación de la clorofila y cae abruptamente (Figuras 2 y 3). Al mismo tiempo, el fruto comienza a presentar cambios en el color de fondo, pasando de una tonalidad verde a verde-amarillo, situación similar en ambas temporadas de estudio.

Si bien, no se comparó el comportamiento del  $I_{AD}$  entre temporadas, es posible apreciar que, para una misma variedad, el punto de quiebre ocurre a momentos relativamente similares, entre un año y otro (Figuras 2 y 3; Cuadro 4). Asimismo, la tasa de caída del  $I_{AD}$  en el último período antes de la cosecha, para una misma variedad y sección, tiende a ser similar.

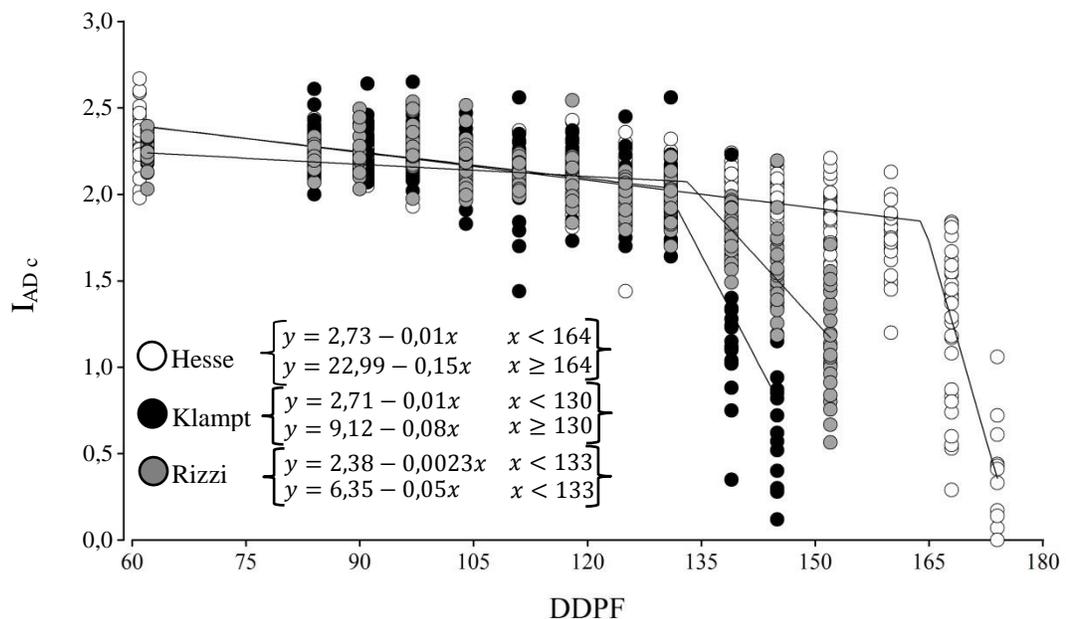


Figura 2. Evolución del  $I_{AD}$  en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, para la temporada 2010-2011. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión segmentada entre el  $I_{AD}$  y los DDPF. Los parámetros de los modelos fueron estadísticamente significativos  $p < 0,05$ .

Para analizar la evolución de la maduración, el comportamiento de ésta fue descrito a partir del punto de inflexión de cada temporada (Cuadro 4). Para cada variable de madurez, se integraron los datos de ambas temporadas de estudio y variedades, y describió modelos

lineales mixtos, determinándose las diferencias en la tasa de cambio y en los valores al inicio del quiebre de color y a cosecha entre secciones, por variedad.

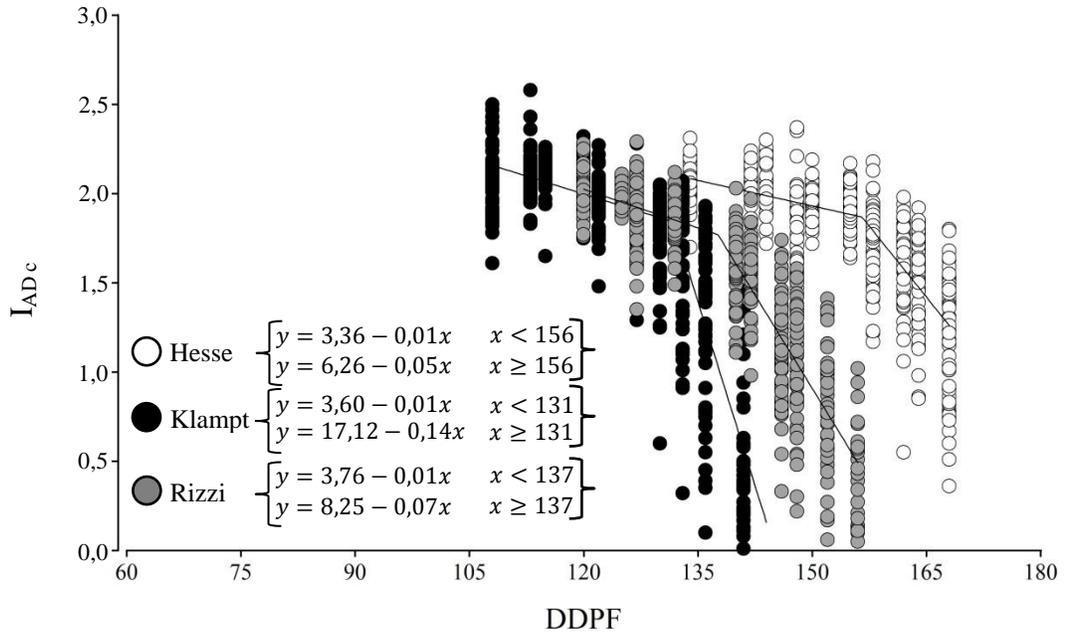


Figura 3. Evolución del  $I_{AD}$  en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, para la temporada 2011-2012. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión segmentada entre el  $I_{AD}$  y los DDPF. Los parámetros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

Cuadro 4. Características generales del período de crecimiento del fruto de las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, para las temporadas de estudio.

Variedad	Plena flor	Quiebre de color <sup>1</sup>	Largo del ciclo <sup>2</sup>	GDH30 <sup>3</sup>
Klampt	09-09-2010	130 DDPF	145 días	5448
	12-09-2011	131 DDPF	142 días	5835
Rizzi	09-09-2010	133 DDPF	155 días	5673
	14-09-2011	137 DDPF	153 días	5835
Hesse	10-09-2010	164 DDPF	177 días	5748
	12-09-2011	156 DDPF	171 días	5819

<sup>1</sup>Punto de inflexión determinado por la regresión no lineal segmentada.

<sup>2</sup>Hasta madurez comercial, firmeza de pulpa de 44-36 N.

<sup>3</sup>Horas grado de crecimiento acumuladas hasta los 30 DDPF.

Al calcular el GDH30, en función de las temperaturas medias de los primeros 30 DDPF, se observó que, en general, la acumulación de GDH (horas grado de crecimiento) fue mayor en la temporada 2011/2012 que en la temporada 2010/2011 (Cuadro 4). La menor acumulación de GDH la primera temporada, debido, probablemente, a una primavera más fresca, resultó en un desarrollo más lento del fruto y, por ende, una cosecha más tardía respecto de la segunda temporada.

El  $I_{AD}$  al punto de inflexión, en ‘Klampt’ y ‘Rizzi’, no presentó diferencias significativas entre secciones. En ‘Hesse’, la sección inferior fue mayor en 0,12 unidades (Cuadro 5). A partir del quiebre de color, el  $I_{AD}$  disminuyó rápidamente (Figura 4); en ‘Rizzi’ la tasa de caída no mostró diferencias significativas entre secciones, no así en ‘Klampt’ y ‘Hesse’, donde los frutos de la sección superior presentaron mayor caída de  $I_{AD}$ , con una diferencia de 0,02; igual para ambas variedades. A la cosecha, las tres variedades presentaron menor valor de  $I_{AD}$  en la sección superior, con diferencias entre 0,26 y 0,39.

Cuadro 5. Diferencias en la tasa de cambio del  $I_{AD}$  y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio	$I_{AD}$ al quiebre de color	$I_{AD}$ a cosecha
	$I_{AD}/\text{día}$	$I_{AD}$	$I_{AD}$
Klampt	-0,02*	0,06 <sup>ns</sup>	0,33**
Rizzi	-0,01 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,26*
Hesse	-0,02**	0,12*	0,39***

\*, \*\*, \*\*\* Significativo para  $p \leq 0,05$ ; 0,01 y 0,001, respectivamente.

ns: No significativo.

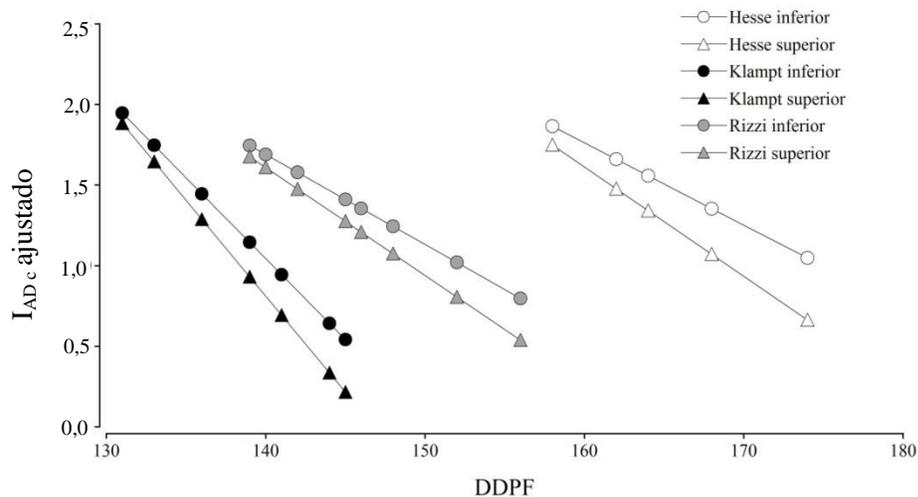


Figura 4. Evolución del  $I_{AD}$  en el campo para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

La degradación de la clorofila y el cambio del color de fondo se reflejaron en la disminución del tono y el aumento de la saturación, con colores más vivos y una mayor pureza del tono. Al inicio, ‘Klampt’ y ‘Rizzi’ tuvieron secciones con igual tonalidad, no así ‘Hesse’, que tuvo una diferencia entre secciones de  $5,08^\circ$  (Cuadro 6). La tasa de cambio del hue, y el tono a cosecha no variaron según la zona del fruto en la copa, en las tres variedades. La saturación del color mostró un comportamiento distinto, las secciones de

‘Klampt’ y ‘Hesse’ difieren significativamente al inicio del cambio de color y a cosecha, lo mismo en la pendiente (Apéndice II; Figura 2). ‘Rizzi’, en cambio, presentó secciones iguales en el período de estudio, e igual tasa de cambio del croma.

Cuadro 6. Diferencias en la tasa de cambio en la tonalidad ( $h^{\circ}$ ) y saturación ( $C^*$ ) de piel y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

		Diferencia entre secciones		
		Tasa de cambio	$h^{\circ}$ al quiebre de color	$h^{\circ}$ a cosecha
		$h^{\circ}/\text{día}$	$h^{\circ}$	$h^{\circ}$
Tonalidad	Klampt	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
	Rizzi	-0,08 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
	Hesse	-0,24 <sup>ns</sup>	5,08 <sup>*</sup>	1,31 <sup>ns</sup>
		Tasa de cambio	$C^*$ al quiebre de color	$C^*$ a cosecha
		$C^*/\text{día}$	$C^*$	$C^*$
		Saturación	Klampt	-0,01 <sup>***</sup>
	Rizzi	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,69 <sup>ns</sup>	-1,28 <sup>ns</sup>
	Hesse	0,57 <sup>***</sup>	-5,00 <sup>***</sup>	4,09 <sup>**</sup>

\*, \*\*, \*\*\* Significativo para  $p \leq 0,05$ ; 0,01 y 0,001, respectivamente.

ns: No significativo.

En cuanto a la firmeza, las secciones en ‘Rizzi’ no fueron distintas al quiebre de color. En ‘Klampt’, la sección inferior fue 3,62 N más firme, mientras que en ‘Hesse’, la sección superior fue 6,55 N más firme (Cuadro 7). La tasa de pérdida de firmeza fue igual en ambas secciones, en ‘Klampt’ y ‘Rizzi’ (Figura 5). En ‘Hesse’, la mayor pérdida de firmeza ocurrió en los frutos de la sección superior. A cosecha, los frutos de ambas secciones tuvieron igual firmeza (Cuadro 7), sin embargo, en ‘Klampt’ y ‘Hesse’ existieron diferencias entre secciones de 3,6 y 20,8 N, respectivamente.

Cuadro 7. Diferencias en la tasa de cambio de la firmeza de pulpa (N) y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio	firmeza al quiebre de color	firmeza a cosecha
	N/día	N	N
Klampt	0,00 <sup>ns</sup>	3,62 <sup>*</sup>	3,62 <sup>*</sup>
Rizzi	-0,14 <sup>ns</sup>	-1,09 <sup>ns</sup>	-3,54 <sup>ns</sup>
Hesse	1,71 <sup>***</sup>	-6,55 <sup>*</sup>	20,82 <sup>***</sup>

\*, \*\*, \*\*\* Significativo para  $p \leq 0,05$ ; 0,01 y 0,001, respectivamente.

ns: No significativo.

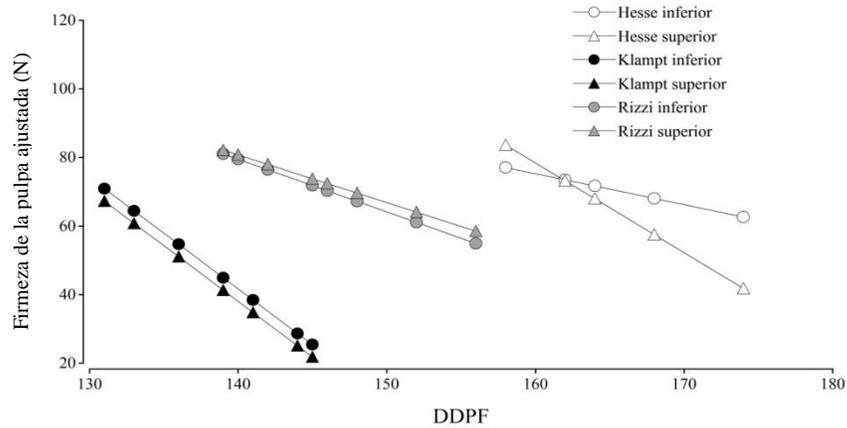


Figura 5. Evolución de la firmeza de la pulpa (N) para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

El rápido crecimiento de los duraznos, a partir del quiebre de color, coincide con la fase III de crecimiento de fruto; los superiores, en ‘Klampt’ y ‘Rizzi’, presentaron mayor tasa de crecimiento en diámetro y peso, no así en Hesse, donde los inferiores tuvieron la mayor tasa de ganancia de peso y diámetro (Cuadro 8), 3,63 g/día y 0,56 mm/día, respectivamente. Al inicio, el diámetro fue mayor en la zona superior, en las tres variedades; el peso, en ‘Klampt’ y ‘Rizzi’, fueron distintos. A la cosecha en ‘Hesse’, el tamaño del fruto fue igual en toda la copa; en ‘Klampt’ y ‘Rizzi’, fue menor en la zona inferior (Figura 6).

Cuadro 8. Diferencias en la tasa de cambio en el diámetro (mm) y peso (g) y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio	diámetro al quiebre de color	diámetro a cosecha
	mm/día	mm	mm
Klampt	-0,03***	-4,50***	-4,35***
Rizzi	-0,15***	-4,02***	-6,50***
Hesse	0,12**	-2,07*	-0,08 <sup>ns</sup>
	Tasa de cambio	peso al quiebre de color	peso a cosecha
	g/día	g	g
Klampt	-0,23***	-29,96***	-33,17***
Rizzi	-1,10**	-24,94***	-43,59***
Hesse	0,72*	-10,13 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>

\*, \*\*, \*\*\* Significativo para  $p \leq 0,05$ ; 0,01 y 0,001, respectivamente.

ns: No significativo.

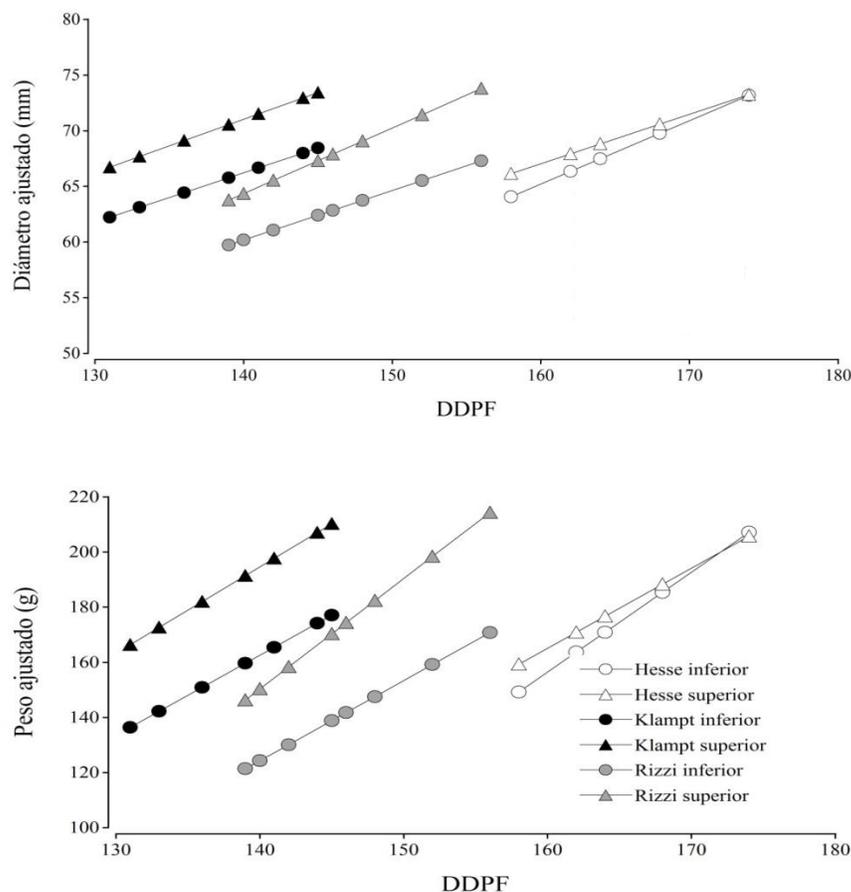


Figura 6. Evolución del tamaño, diámetro ecuatorial (mm) en el campo y peso ajustado (g), para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

La evolución de los sólidos solubles no mostró mayor variación en el período de estudio, con excepción de los frutos superiores en ‘Klampt’, que presentaron un aumento significativo a cosecha (Apéndice II; Figura 3). La CSS fue mayor en la sección superior, en las tres variedades (Cuadro 9), con una diferencia a cosecha entre 1 y 2 brix°.

Cuadro 9. Diferencias en la tasa de cambio de la concentración de sólidos solubles (brix°) y en el valor al inicio del quiebre de color y a cosecha entre la sección inferior y superior, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

Variedad	Diferencia entre secciones		
	Tasa de cambio	CSS al quiebre de color	CSS a cosecha
	brix°/día	brix°	brix°
Klampt	-0,13***	-0,58 <sup>ns</sup>	-2,43***
Rizzi	-0,01***	-0,71***	-0,80***
Hesse	-0,01***	-0,89***	-0,98***

\*\*\* Significativo para  $p \leq 0,05$ ; 0,01 y 0,001, respectivamente.

ns: No significativo.

### Caracterización lumínica

La luminosidad, expresada como *PAR* no interceptado, mostró diferencias en el ambiente lumínico de los frutos según su posición en el árbol (Apéndice II; Figura 4).

La interceptación a 0,4 m y 1,7 m determinaron la fracción de *PAR* interceptada por el árbol y por la sección superior, respectivamente, resultando, por diferencia, la radiación interceptada por la sección inferior ( $PAR_i$  sección inferior =  $PAR_i$  árbol -  $PAR_i$  sección superior). En las distintas variedades, la fracción de radiación interceptada por la sección superior fue de 47 a 56%, mientras que en la sección inferior, del 18 a 22% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Fracción de  $PAR_i$  por el árbol y secciones inferior y superior en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, durante la temporada 2011/2012.

Variedad	Fracción de PAR interceptado		
	Árbol	Árbol-sección superior	Árbol-sección inferior
	%	%	%
Klampt	71	49	22
Rizzi	65	47	18
Hesse	76	56	20

## DISCUSIÓN

La diferencia en el largo del ciclo entre temporadas, en las tres variedades en estudio, confirma la relación establecida por De Jong (2006) entre el desarrollo del fruto y la influencia climática, donde el período de desarrollo de los frutos se encuentra altamente correlacionado con la acumulación de calor en los primeros 30 días después de plena flor. Así, la mayor acumulación de GDH en la temporada 2011/2012 determinó un desarrollo de fruto más rápido, con un ciclo de desarrollo más corto respecto del año anterior (Cuadro 4). Por consiguiente, se tuvo una cosecha más temprana.

El efecto de la posición del fruto sobre la madurez y calidad del mismo está fuertemente influenciado por la interceptación de luz y el grado de exposición del fruto (Marini et al., 1991; Farina et al., 2005). La zona superior de la copa, en las tres variedades, intercepta la mayor fracción de radiación fotosintéticamente activa disponible en el huerto ( $PAR_0$ ), entre un 49 y 56%; la zona inferior, en cambio, entre un 18 y 22% (Cuadro 10). Al respecto, Marini et al. (1991) señalan que dentro del árbol la fruta es expuesta a condiciones desiguales de luz y temperatura y, en consecuencia, las reacciones bioquímicas relacionadas con el desarrollo de la maduración ocurren a diferente tasa en cada fruto, generando una alta heterogeneidad a la cosecha (Lurie et al., 2013). Asimismo, se debe considerar la variabilidad en el estado de madurez de los frutos (Tijskens et al., 2007), donde aquellos de la zona superior partirían con cierta ventaja en el crecimiento al encontrarse en zonas expuestas y mejor iluminadas (Corelli Grapadelli y Coston, 1991).

El comportamiento del  $I_{AD}$ , contenido indirecto de la clorofila del fruto (Lurie et al., 2013), estuvo marcado por un modelo no lineal segmentado, con una caída lineal cercana a cosecha (Figuras 2 y 3). Este punto de quiebre o caída del  $I_{AD}$  mostró una tendencia similar entre temporadas, con una leve variación en el rango del  $I_{AD}$  en cada variedad. Al respecto, Bonora (2013) señala que el valor de  $I_{AD}$  al quiebre no varía de un año a otro y que el rango para cada estado de madurez del fruto tiende a ser el mismo entre temporadas. Por tanto, si bien en este estudio no se comparó el punto de quiebre entre temporadas, es posible suponer que este estado, en ‘Klampt’, ‘Rizzi’ y ‘Hesse’, está definido en un rango de  $I_{AD}$  de 2,1 a 1,9 y se mantiene estable entre temporadas (Figuras 2 y 3). La variación mostrada, según lo descrito por Ziosi et al. (2008), puede ser explicada por la diferencia natural en el contenido de clorofila, además del efecto de la interceptación y exposición a la luz (Kuckenberg et al., 2008).

Respecto a la posición del fruto, en las variedades Klampt y Hesse los frutos superiores perdieron clorofila más rápido que los inferiores, siendo las tasas de cambio de  $I_{AD}$  estadísticamente diferentes entre secciones (Cuadro 5). Esto concuerda con lo obtenido por Kuckenberg et al. (2008), Bonora (2013) y Pinto (2014), quienes determinaron que los frutos expuestos al sol degradan la clorofila más rápidamente que los frutos no expuestos. Asimismo, Bonora (2013) agrega que esta mayor degradación de clorofila resulta de la activación de un mecanismo de defensa del fruto frente a la alta radiación y temperatura, pues, según Merzlyak et al. (2002), los bajos niveles de clorofila acompañados de altos niveles de carotenos podrían ayudar al fruto a protegerse de la excesiva absorción de luz.

Sin embargo, si bien existen antecedentes del daño del fotosistema PSII por excesiva radiación y temperatura (Long et al., 1994), y de la mayor fotoestabilidad de los carotenos (Budde et al., 2006), no existe claridad en si la mayor degradación de clorofila responde o no a un mecanismo de defensa del fruto en duraznero. A la cosecha, el  $I_{AD}$  en las tres variedades fue menor en la fruta de la sección superior, coincidiendo con lo reportado por Pinto (2014), en variedades tempranas de durazno conservero.

La degradación de la clorofila en la piel del fruto va acompañada de un cambio en la coloración de fondo producto del aumento en el contenido de carotenos (Ferrer et al., 2005). Al cambio de color del fruto, fase que coincide con el quiebre del  $I_{AD}$ , no hubo diferencias de tonalidad entre secciones en las variedades Klampt y Rizzi; Hesse, en cambio, tuvo menor hue (menos verde) en la fruta de la zona superior (Cuadro 6), posiblemente, por un estado de madurez más avanzado que la fruta inferior (Tijskens et al., 2007), lo que se condice con un menor  $I_{AD}$ , menor firmeza, una mayor CSS y fruta de mayor tamaño. La tasa de cambio del hue, al igual que la tonalidad a la cosecha, no fue distinta entre secciones en las tres variedades, por lo que niveles de  $PAR_i$  en torno al 18 y 22% parecen ser suficientes para un óptimo desarrollo del color de fondo en frutos de ambas zonas de la copa. Al respecto, Dussi et al. (2009) y Farina et al. (2005) determinaron que para que se desarrolle el color de fondo se requiere la interceptación de un 20-25% del  $PAR_0$ ; rangos menores previenen el color de fondo amarillo (Marini et al., 1991). En cuanto a la saturación del color, los resultados a la cosecha fueron a favor de los frutos superiores en ‘Klampt’ y de los frutos inferiores en ‘Hesse’; en ‘Rizzi’ no hubo diferencias entre secciones (Cuadro 6). Para diversos autores, el croma es más sensible a la luz asociada a la posición del fruto, siendo los frutos más opacos, aquellos que están más expuestos (Alcobendas et al., 2012; Lewallen y Marini, 2003). Las diferencias en el croma, aunque estadísticas, son poco relevantes en la gestión de la cosecha, pues no permiten diferenciar el estado de madurez del fruto y ajustar el momento de inicio de esta labor; los parámetros más utilizados son la tonalidad del color de fondo y la firmeza de la pulpa (Vallejos et al., 2011).

La firmeza de la pulpa no mostró diferencias significativas entre las zonas de la copa en la variedad Rizzi, lo que concuerda con lo obtenido en duraznos por Dussi et al. (2009), Alcobendas et al. (2012) y Pinto (2014). Contrario a esto, ‘Klampt’ y ‘Hesse’ sí presentaron diferencias entre secciones (Cuadro 7), siendo, a la cosecha, los frutos inferiores más firmes que los frutos superiores. La tendencia de que los frutos superiores comenzaron a ablandarse antes, se debe, posiblemente, a una diferencia en el estado de madurez de los frutos, inducido por la mayor exposición a la luz y la mayor temperatura circundante a los frutos (Corelli Grapadelli y Coston, 1991). Al respecto, Eccher-Zerbini et al. (2006); Tijskens et al. (2007) y Pinto (2014) señalan que la tasa de ablandamiento sigue el mismo patrón en todos los frutos, lo que varía es el grado de madurez de cada fruto individual cuando se inicia el proceso. Así, el comportamiento de la firmeza está determinado por un factor genético propio de la especie, y el ablandamiento temprano de los frutos está condicionado por la madurez, y los factores que activan y aceleran la maduración (Hayama et al., 2006; Tijskens et al., 2007); la mayor exposición y radiación interceptada por los superiores, así como la mayor temperatura alrededor de los frutos, contribuye a la activación de enzimas y procesos de maduración que inducen la pérdida de la firmeza; luego, en la cosecha, el ablandamiento se ve favorecido por niveles de etileno más altos,

aumentando la degradación de las paredes de las células del fruto y reduciendo la poscosecha (Giovannoni, 2004).

En relación al tamaño del fruto a la cosecha, éste fue mayor en la zona superior en las variedades Klampt y Rizzi (Cuadro 8), lo que coincide con Caruso et al. (2001); Alcobendas et al. (2012) y Pinto (2014). Esta diferencia estaría determinada por el efecto de la luz, pues en la parte superior se presentaron condiciones de mejor exposición lumínica, permitiendo una mayor producción y distribución de asimilados hacia los frutos (Ortín, 2004; Farina et al., 2005). Por otra parte, el mayor crecimiento de los superiores está influenciado por el efecto positivo de la transpiración del fruto, tal como reporta Morandi et al. (2010), donde los frutos más expuestos poseen una mayor tasa de transpiración, favoreciendo el flujo de asimilados hacia el mismo, con un aumento de la materia seca y concentración de sólidos solubles. En el caso de Hesse, no hubo diferencias de tamaño a la cosecha entre secciones, debido, posiblemente, a que ambas zonas presentaron condiciones favorables para el crecimiento de los frutos; según Caruso et al (2001), una óptima relación hoja-fruto, con una distribución equilibrada de la fruta en toda la copa, reduce las diferencias de tamaño entre frutos más o menos iluminados.

Con respecto a la concentración de sólidos solubles, ésta fue claramente mayor en los frutos superiores de las tres variedades, durante todo el período en estudio (Apéndice II; Figura 3). Esto confirma lo observado por Marini et al. (1991), Lewallen y Marini (2003), Ortín (2004) y Pinto (2014). La menor CSS en los frutos de la sección inferior de la copa estaría explicada por la mayor sensibilidad de este parámetro a la luz, pues la menor interceptación genera una menor producción y disponibilidad de asimilados (Farina et al., 2005; Pinto, 2014). En este sentido, Marini et al. (1991) determinó que la luz en las tres últimas semanas antes de cosecha es crucial para aumentar la CSS; de ahí, la importancia de labores orientadas a controlar el crecimiento de brotes y mantener una óptima iluminación en toda la copa (Vallejos et al., 2011). La tasa de cambio en 'Rizzi' y 'Hesse' fue mayor en los frutos superiores (Cuadro 9), sin embargo, la pendiente es mínima, y los azúcares solubles de ambas secciones se mantienen relativamente constantes en el transcurso de las 2 a 3 semanas antes de cosecha. Los frutos superiores en 'Klampt' presentan una tasa de cambio superior a los frutos inferiores, con una diferencia a cosecha de 2,4° brix. Este incremento de la CSS estaría dado por la mayor exposición de los superiores a la luz, potenciándose su capacidad para atraer y acumular fotoasimilados (Ortín, 2004; Farina et al., 2005).

## CONCLUSIONES

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

La posición del fruto, asociada a distintos grados de exposición e interceptación de luz, afecta el  $I_{AD}$ , la firmeza de la pulpa, la saturación del color de fondo, el tamaño del fruto y la concentración de sólidos solubles en variedades tardías de durazno conservero.

Los frutos de la sección inferior presentan menor calidad a la cosecha y tienden a madurar después que los frutos de la sección superior; el tamaño, CSS y saturación del color son menores, mientras que el  $I_{AD}$  y la firmeza de la pulpa son mayores.

La tonalidad del color de fondo es independiente de la posición del fruto en la copa.

La tasa de pérdida de la firmeza en duraznos conserveros presenta un comportamiento lineal, y es afectada por la posición del fruto en la copa; en zonas más iluminadas la tasa de ablandamiento es mayor.

Las diferencias entre secciones en el tamaño del fruto, la concentración de sólidos solubles, la firmeza de la pulpa y el  $I_{AD}$  son determinadas por las condiciones de desarrollo de los frutos.

La concentración de sólidos solubles se mantiene constante las 2 últimas semanas antes de cosecha; las diferencias entre secciones se deben al *PARI*.

**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.

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.

Budde, C.; G. Polenta; C. Lucangeli and R. Murray. 2006, Oct. Air immersion heat treatments affect ethylene production and organoleptic quality of “Dixiland” Peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 32-37.

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.

Caruso, T.; P. Inglese; M. Sidari and F. Sottile. 1997, Feb. Rootstock influences seasonal dry matter and carbohydrate content and partitioning in above-ground components of ‘Flordaprince’ peach trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122, 673–679.

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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.

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.

Long, S. P.; S. Humphries and P. G. Falkowski. 1994, Jul. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Molecular Biology*, 45: 633-662.

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.; 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Palmer, J. 1999. Light, canopies, fruit and dollars. *The Compact Fruit Tree*. 32:119-122.
- Pinto, C. 2014. Caracterización de la maduración y productividad de variedades tempranas de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch). Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención en Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 99h.
- Rom, C. R. 1991, Jan. Light thresholds for apple tree canopy growth and development. *HortScience*, 26: 989-992
- Seok-Kyu, J. and C. Hyun-Sug. 2010, Feb. Light penetration, growth, and fruit productivity in ‘Fuji’ apple trees trained to four growing systems. *Postharvest Biology and Technology*, 125: 672-678.
- Tijsskens, 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.

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.

Wu, B.; M. Ben Mimoun; M. Genard; F. Lescourret; J. Besset and C. Bussi. 2005, Oct. Peach fruit growth in relation to the leaf- to- fruit ratio, early fruit size and fruit position. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 80, 340–345.

Wünsche, J. and A. Lakso. 1996. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity. *HortScience*, 35: 1202-1206.

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 II

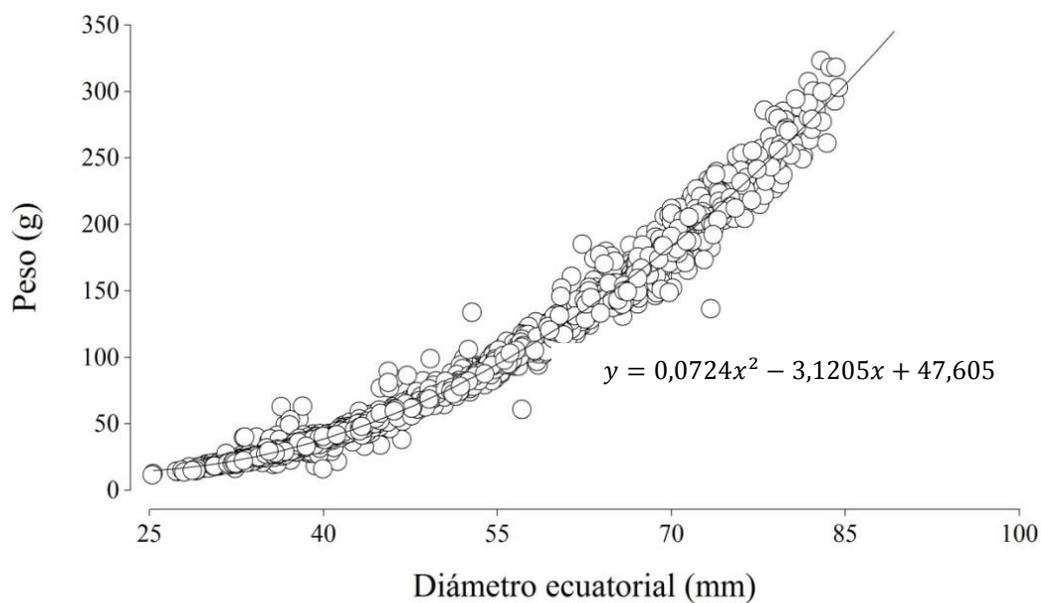


Figura 1. Peso del fruto (g) en función de su diámetro ecuatorial (mm), para duraznos conservados.

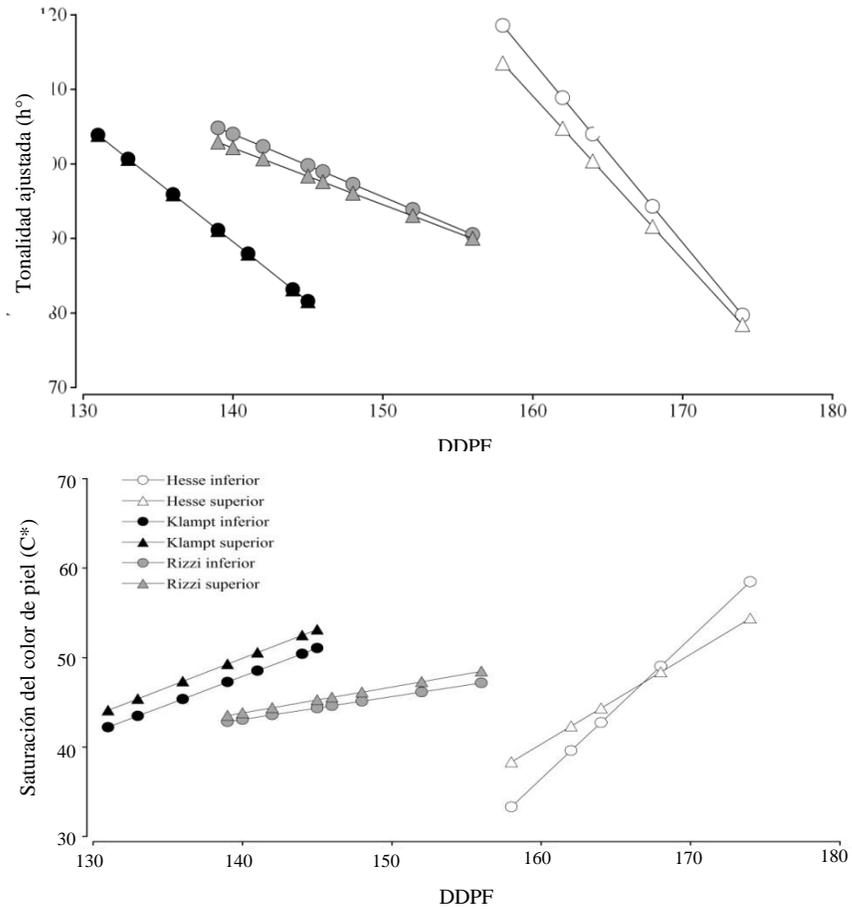


Figura 2. Evolución de los componentes del color de fondo de la piel, tonalidad ( $h^\circ$ ) y saturación ( $C^*$ ), para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

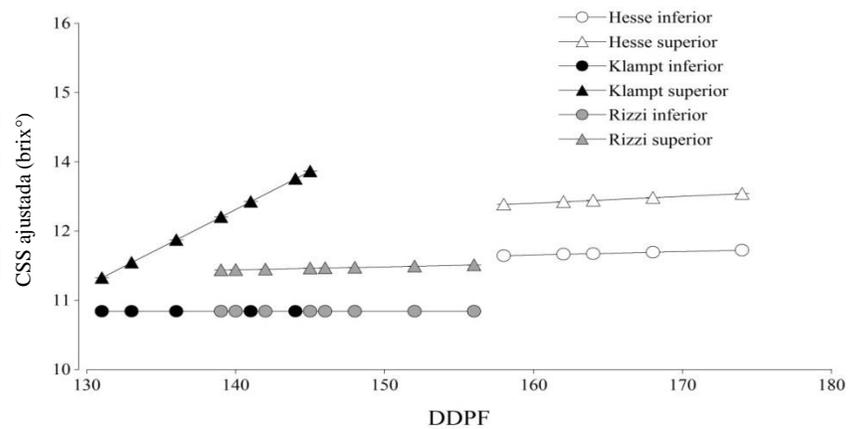


Figura 3. Evolución de la concentración de sólidos solubles ( $brix^\circ$ ) para frutos de la zona superior e inferior de la copa en variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan las ecuaciones ajustadas para ambas temporadas con un modelo lineal mixto.

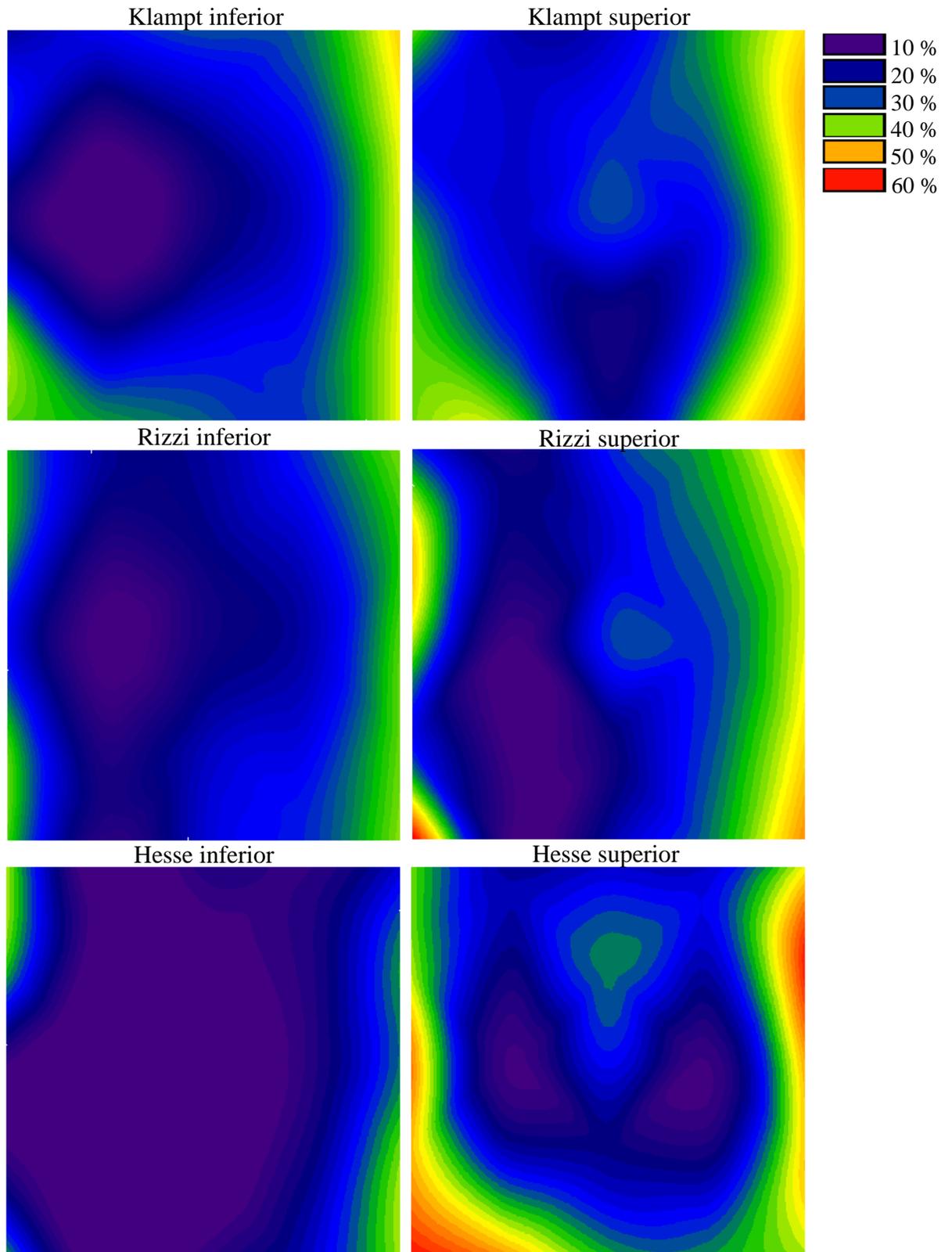


Figura 4. Fracción de  $PAR_{ni}$  en la sección superior e inferior del árbol, en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

### **CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ Y MOMENTO DE COSECHA MEDIANTE EL EQUIPO DA-METER EN DURAZNOS CONSERVEROS DE COSECHA TARDÍA**

#### **RESUMEN**

El principal problema para la cosecha en huertos de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch) es la determinación del momento de inicio de cosecha en función del estado de madurez de la fruta. Con el fin de incorporar un índice de cosecha objetivo, se evaluó el índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), medido con el instrumento no destructivo Da-meter (Sinteleia, Bologna, Italia). Para ello, durante dos temporadas, se realizó un seguimiento de la maduración en duraznos conserveros de las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. En la temporada 2010-2011, desde 4 semanas antes del quiebre de color y hasta 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 evaluó:  $I_{AD}$ , firmeza de la pulpa (N), concentración de sólidos solubles (%), y tonalidad ( $h^\circ$ ) y saturación ( $C^*$ ) del color de piel. La temporada 2011-2012, desde 2 semanas antes del quiebre de color y hasta cosecha, se colectaron 20 frutos, 2 veces por semana, y se determinaron los mismos parámetros de madurez, además del  $I_{AD}$  y tonalidad de la pulpa y el color de fondo con la Tabla de color ASOEX. La relación entre los parámetros de madurez se obtuvo a partir de análisis de correlación y regresión, mientras que los rangos de  $I_{AD}$  para la tabla de color, con árbol de clasificación y regresión (CART). El  $I_{AD}$  se correlacionó linealmente con la firmeza de la pulpa y los parámetros de color, tonalidad y saturación. Se establecieron modelos lineales de predicción del  $I_{AD}$  de pulpa en función del  $I_{AD}$  de piel, con alto grado de asociación en cada variedad. Finalmente, el uso del instrumento no destructivo Da-meter permitió establecer el estado de madurez y ajustar el momento de cosecha en duraznos conserveros.

**Palabras clave:** Color de pulpa, firmeza de pulpa, índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), quiebre de color, Tabla de color ASOEX.

## ABSTRACT

The main problem for harvest canning peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch) is to determine the start of harvest in function of fruit maturity. In order to explore an objective harvest index, the absorbance difference of chlorophyll ( $I_{AD}$ ), measured by a non-destructive instrument Da-meter (Sinteleia, Bologna, Italia) was evaluated. Therefore, during two seasons, the maturation of 'Klampt', 'Rizzi' and 'Hesse' was monitored. In 2010-2011 season, starting from 4 weeks before color break until commercial harvest, 30 fruits were sampled weekly and evaluated by  $I_{AD}$ , flesh firmness (N), soluble solids content (°brix), color tone ( $h^\circ$ ) and saturation ( $C^*$ ) of the skin color. In 2011-2012 season, evaluations started 2 weeks before color break until harvest, and 20 fruits were collected, twice a week, and the same maturity parameters were assessed, additionally  $I_{AD}$  and flesh color tone and background color by ASOEX color table were evaluated. Maturity parameters relationship were analyzed by correlation and regression analysis, while  $I_{AD}$  range for each color table by tree classification and regression (CART) analysis.  $I_{AD}$  was linearly correlated with flesh firmness and color parameters. Linear models for prediction of flesh  $I_{AD}$  in function of skin  $I_{AD}$  were established with a higher degree of association for each variety. Finally, non-destructive measurements by the Da-meter permitted to establish the maturity stage and to adjust canning peach harvest period.

**Key words:** flesh color, flesh firmness, index of absorbance difference of chlorophyll ( $I_{AD}$ ), color break, color table ASOEX.

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales dificultades a las que se ven enfrentados los productores de duraznos conserveros es la determinación del momento de inicio de cosecha, debido a la heterogeneidad de la maduración en frutos de una misma planta y sector (Ziosi et al., 2008). Esto, ocurre por la ausencia de métodos objetivos que evalúen el estado de madurez de la fruta; por lo mismo, se limita la calidad de la materia prima, generando controversias entre el sector productivo y la agroindustria (Ojer, 2010). Habitualmente, la cosecha tarda entre 5 a 10 días, requiriendo pasar hasta cinco veces por el mismo árbol, con diferencias notorias en el estado de madurez de la fruta en cada una de las cosechas (Lurie et al., 2013). Además, la búsqueda de mejores rendimientos por ganancia de peso diario lleva a los productores a retrasar la cosecha (Vallejos et al., 2011), resultando, en la mayoría de los casos, en menores rendimientos de la producción destinada a mitades, por lotes de fruta “muy madura” y diferencias importantes en firmeza, calibre y color de pulpa (Ojer et al., 2009).

Diversos autores coinciden que, en el huerto, el índice de cosecha más adecuado es el color de fondo (Kader, 1999; Eccher-Zerbini et al., 2006), observándose una alta correlación con la madurez fisiológica del fruto (Abdi et al., 1997; Crisosto et al., 1997; Nilsson y Gustavsson, 2006). No obstante, resulta problemático en las variedades ampliamente cubiertas por color (Ziosi et al., 2008), corroborando lo observado por Lewallen y Marini (2003), quienes señalan que el color de fondo no es un índice satisfactorio para definir la madurez, debido a que frutos con aparentemente mismo color presentan amplia variabilidad en términos de firmeza de la pulpa, concentración de sólidos solubles (CSS) y acidez titulable (AT).

Otros parámetros, como firmeza de pulpa, concentración de sólidos solubles y acidez titulable, se utilizan también para evaluar la madurez y calidad del fruto (Costa et al., 2006). Sin embargo, constituyen métodos de análisis destructivos (Ziosi et al., 2008) y no proporcionan la información necesaria para determinar con precisión el estado de madurez del fruto (Costa et al., 2006).

En los últimos años, las investigaciones se han centrado en el seguimiento de la madurez y determinación del momento de cosecha a partir de métodos no destructivos (García-Ramos et al., 2003; Zude et al., 2006; Benedetti et al., 2008; Ziosi et al., 2008; Zdunek et al., 2009; Lleó et al., 2009; Valente et al., 2009). En este sentido, el índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), calculado como la diferencia de absorbancia de la clorofila *a* ( $C_a$ ) en el rango de los 670 y 720 nm, por el instrumento DA-Meter (Sinteleia, Bologna, Italia), se correlaciona fuertemente con el contenido de clorofila de la piel del fruto y con la producción de etileno en duraznos y nectarinas (Ziosi et al., 2008; Lurie et al., 2013). Además, se asocia fuertemente con la firmeza de pulpa, AT y CSS (Ziosi et al., 2008; Infante et al., 2011; Pinto, 2014), resultando una alternativa práctica y confiable para determinar el estado de madurez de la fruta (Ziosi et al., 2008; Infante et al., 2011; Lurie et al., 2013), complementando los métodos generalmente usados en campo (Costa et al., 2006).

En el plano local, 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). Sin embargo, no se dispone de métodos objetivos en duraznos conserveros, que permitan ajustar el momento de inicio de cosecha en función del grado de madurez (Ojer et al., 2011). Al respecto, Vallejos et al. (2011) señalan que, dado que la calidad está directamente relacionada con el grado de madurez a cosecha, 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.

### **Hipótesis**

El uso del método no destructivo  $I_{AD}$  permite determinar el estado de madurez del fruto y ajustar el momento de cosecha en duraznos conserveros de cosecha tardía.

### **Objetivos**

Caracterizar la relación del  $I_{AD}$  con parámetros relevantes de la madurez del fruto: firmeza de la pulpa y color de fondo.

Determinar modelos de predicción de firmeza y color de fondo a partir del  $I_{AD}$ .

Establecer una asociación entre el  $I_{AD}$  y la tabla de color ASOEX, comúnmente usada para determinar el momento de cosecha en duraznos y nectarinas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

La investigación se desarrolló en las temporadas 2010/2011 y 2011/2012, en el huerto comercial El Retiro, Propiedad de Agrofoods, Comuna de Requínoa, Región del General Libertador Bernardo O'higgins (34°19'49,68"S; 70°50'1,88"O), y en Univiveros, camino Huelquén, Comuna de Paine, Región Metropolitana (33°48'12,57"S; 70°45'6,17"O). Las evaluaciones 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, Comuna de La Pintana, Región Metropolitana (33°34'11,59"S; 70°37'48,86"O).

### Material vegetal

Se utilizaron tres variedades de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch), Klampt, Rizzi y Hesse, injertados sobre patrón Nemaguard, plantados en orientación Norte-Sur y regados bajo sistema de riego por goteo. En ambas temporadas, para cada variedad, se utilizaron 3 plantas. Las características de los huertos se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Descripción de las plantas en estudio.

Temporada	Variedad	Lugar	Año plantación	Marco plantación	Sistema de conducción
2010/2011	Klampt	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Rizzi	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Hesse	Paine	2003	3 x 5	Vaso
2011/2012	Klampt	Paine	2003	3 x 5	Vaso
	Rizzi	Requínoa	2007	2 x 5	Ípsilon transversal
	Hesse	Requínoa	2007	2 x 5	Ípsilon transversal

En ambas temporadas de estudio, se eligieron árboles uniformes en cuanto a desarrollo, vigor y altura, sin síntomas de enfermedades aparentes, con manejos culturales y condiciones de luz similares.

### Evaluaciones

#### Relación entre el $I_{AD}$ y variables de madurez

Durante la primera temporada, se muestrearon semanalmente 30 frutos; en la segunda temporada, dos veces por semana, se colectaron 20 frutos por variedad, aproximadamente 2

semanas antes de la cosecha comercial. En cada oportunidad, los frutos fueron elegidos al azar, de diferentes posiciones de la copa, de árboles cercanos presentes en el mismo sector. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio, en donde se les evaluó el índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ), con el equipo DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia), 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 D65 y un ángulo de observador de  $0^\circ$ , utilizando el sistema CIELab, calibrado con un estándar blanco. De la medición del color de fondo de ambas mejillas se determinaron, según lo descrito por McGuire (1992), los valores de L, a y b, y se obtuvo la tonalidad ( $h^\circ$ ) y la saturación ( $C^*$ ), promediando ambas caras. También, se determinó la firmeza de la pulpa (N), con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica), utilizando un émbolo de 7,9 mm y penetrando 10 mm, previa remoción de epidermis en ambas mejillas. Finalmente, se obtuvo la concentración de sólidos solubles, expresándolo en brix $^\circ$ , 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 36 y 30 N, y color de fondo verde amarillento a amarillento, lo que corresponde entre DN-3 y DN-5, según la Tabla de ASOEX para duraznos y nectarinas.

### **Color e $I_{AD}$ de la piel y la pulpa**

Durante la segunda temporada, se evaluó el 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 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 Klampt. 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 con la tabla ASOEX 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; la temporada 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 positivas y altamente significativas entre el  $I_{AD}$  y la firmeza e  $I_{AD}$  y tonalidad, en las tres variedades (Cuadro 11). Al mismo tiempo, el  $I_{AD}$  y la saturación mostraron asociaciones negativas significativas, con valores de  $r$  entre -0,68 y -0,83. En el caso de los sólidos solubles hubo correlación significativa con el  $I_{AD}$  en 'Klampt' y 'Hesse'; en 'Rizzi' la asociación no fue significativa.

Cabe destacar, en la variedad Hesse, los bajos valores de  $r$  entre firmeza de pulpa y los otros parámetros de madurez; tonalidad, saturación y CSS, con valores entre -0,14 y 0,56.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) entre los parámetros de madurez en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse, durante el período de precosecha de las temporadas 2010/2012.

Variedad		Coeficientes de correlación				
		$I_{AD}$	Firmeza	Saturación	Tonalidad	CSS
Klampt	$I_{AD}$	1				
	Firmeza	0,89 ***	1			
	Saturación	-0,83 ***	-0,78 ***	1		
	Tonalidad	0,92 ***	0,87 ***	-0,70***	1	
	CSS	-0,59 ***	-0,51 ***	0,53***	-0,57 ***	1
Rizzi	$I_{AD}$	1				
	Firmeza	0,75 ***	1			
	Saturación	-0,68 ***	-0,70 ***	1		
	Tonalidad	0,81 ***	0,69 ***	-0,64 ***	1	
	CSS	0,13 <sup>NS</sup>	0,36 ***	-0,16 *	-0,02 <sup>NS</sup>	1
Hesse	$I_{AD}$	1				
	Firmeza	0,59 ***	1			
	Saturación	-0,81 ***	-0,56 *	1		
	Tonalidad	0,93 ***	0,56 **	-0,81 ***	1	
	CSS	-0,38 ***	-0,14 <sup>NS</sup>	-0,56 ***	-0,63 ***	1

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

ns: No significativo

En función de los resultados anteriores, se construyeron regresiones para modelar el comportamiento de la firmeza de pulpa y los parámetros de color de fondo, tonalidad y saturación, en base al  $I_{AD}$ .

En precosecha, se observó una caída lineal de la firmeza, en conjunto con la disminución del  $I_{AD}$  desde valores cercanos a 2 (Figura 7). La mayor tasa de cambio en función del  $I_{AD}$  se observó en ‘Klampt’ y ‘Rizzi’.

En ‘Klampt’, se puede apreciar que con valores de  $I_{AD}$  cercanos a 0,77 y 0,52 se obtienen valores de firmeza de pulpa entre 36 y 30 N, para cosecha comercial. En ‘Rizzi’ y ‘Hesse’ el valor de  $I_{AD}$  a valores de firmeza de cosecha es 0,0.

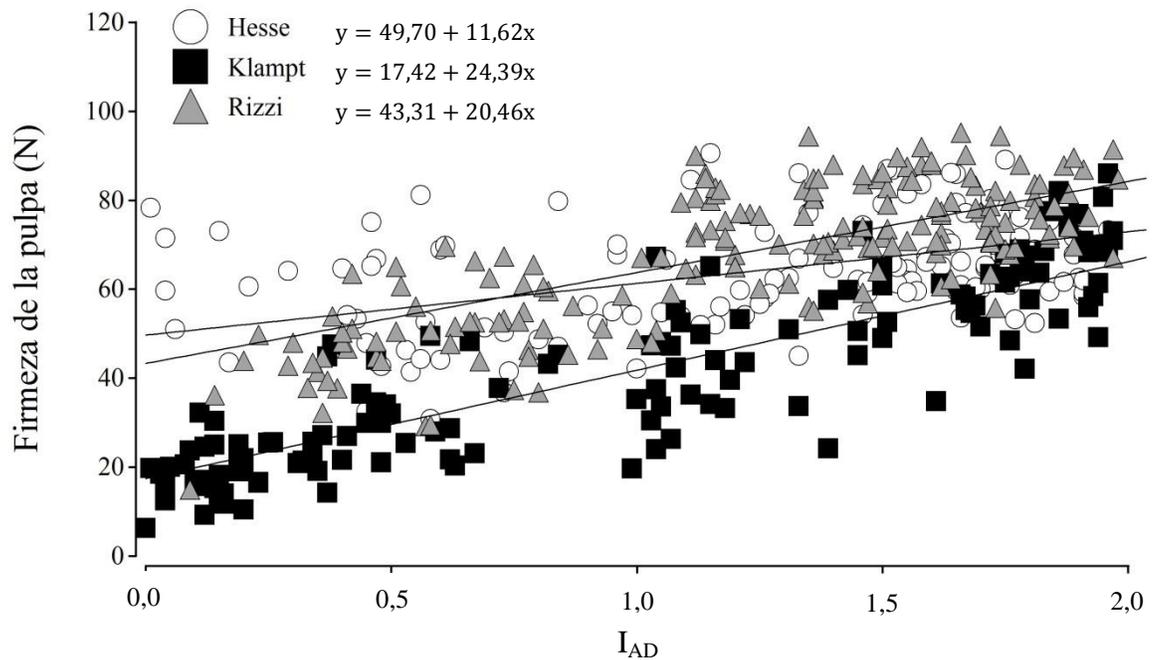


Figura 7. Firmeza de la pulpa (N) como función del  $I_{AD}$  en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse durante precosecha. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.

Cabe destacar que al considerar el  $I_{AD}$  y la firmeza de la pulpa durante todo el período de maduración, la relación entre ambas variables se representó mejor mediante una curva exponencial (datos no mostrados).

Los parámetros del color, tonalidad (hue) y saturación (croma), mostraron un comportamiento lineal en función del  $I_{AD}$ , en las tres variedades, en el período precosecha. La Figura 8 representa el cambio de coloración en función del  $I_{AD}$ , observándose que en la medida que aumenta la degradación de la clorofila de la piel, aumenta la expresión de carotenos, pasando de un fruto verde,  $I_{AD}$  igual a 2,0, y hue entre  $100^\circ$  y  $110^\circ$ , a un fruto amarillo-anaranjado, con  $I_{AD}$  entre 0,77 y 0,0, y hue entre  $87^\circ$  y  $76^\circ$  a la cosecha.

En cuanto a la pureza del color, la correlación con el  $I_{AD}$  fue negativa, destacando un aumento en la intensidad del color a medida que disminuyen los niveles de clorofila (Figura 9). La menor pendiente se aprecia en ‘Rizzi’, alcanzando un valor de saturación de 52,5 a cosecha.

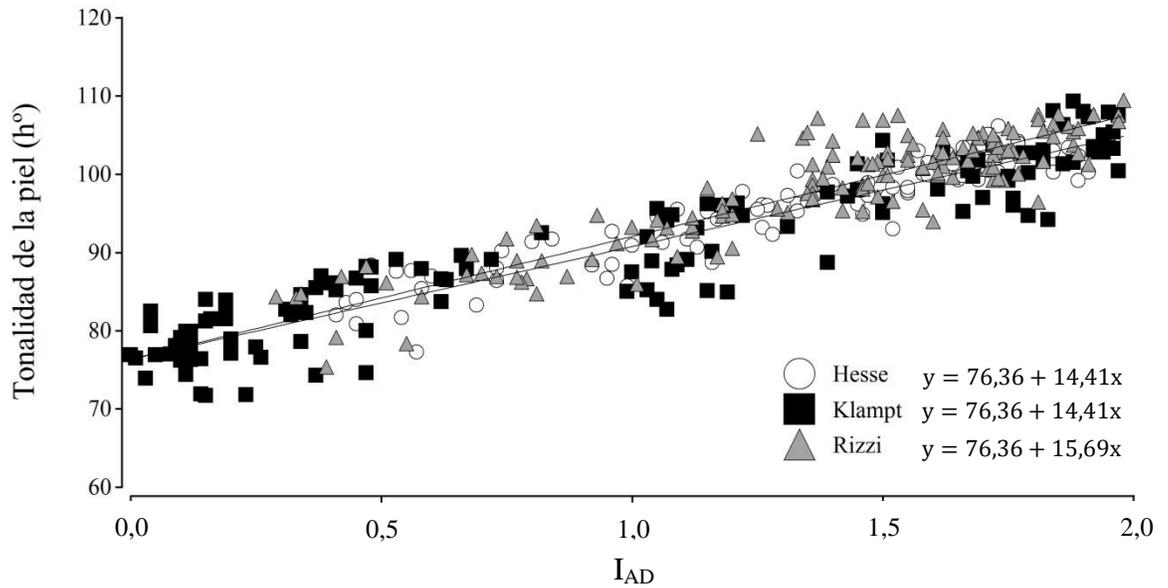


Figura 8. Tonalidad de la piel (h°) como función del  $I_{AD}$  en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.

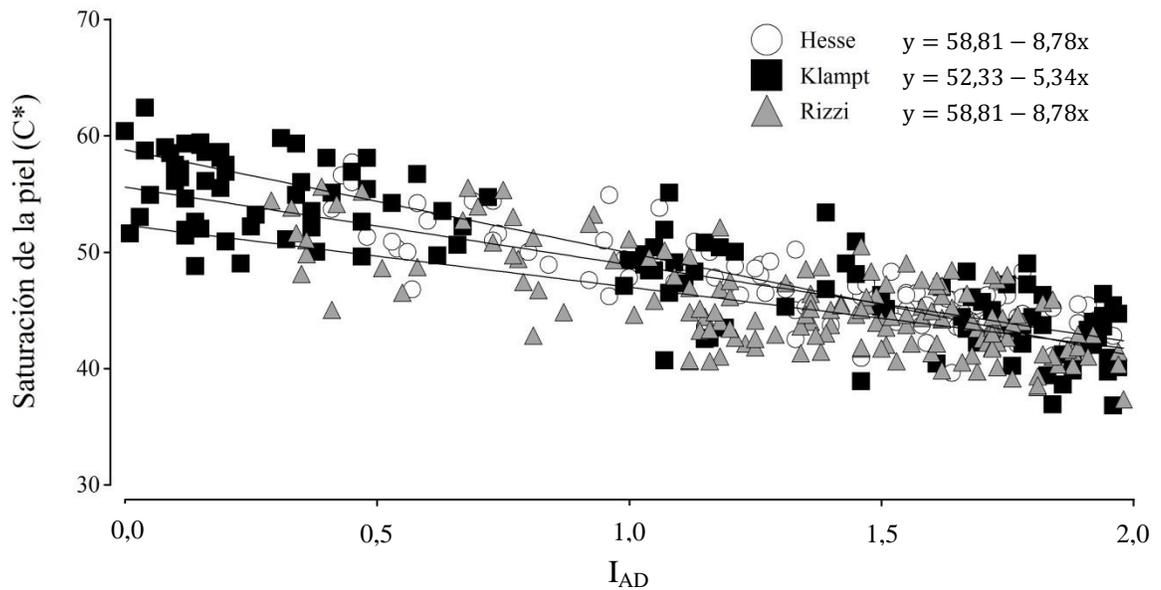


Figura 9. Saturación de la piel (C\*) como función del  $I_{AD}$  en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal.

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

El color de fondo y el color de pulpa mostraron una evolución y comportamiento similares, en las tres variedades en estudio (Figura 10). Al momento del quiebre de color, a partir de la degradación de la clorofila, tanto la piel como la pulpa presentaron una tonalidad verde, con hue cercano a  $110^\circ$ . A cosecha, 'Klampt' y 'Rizzi' presentaron una mayor variación en el color de fondo, alcanzando valores de hue bajo los  $80^\circ$ , denotando frutos de tonalidad amarillo-naranja. En 'Hesse' la variación fue menor, un con color de fondo de la piel verde-amarillo y hue igual a  $91^\circ$ .

En cuanto al color de pulpa, la tonalidad a cosecha fue amarillo, con valores de  $h^\circ$  entre  $89^\circ$  y  $82^\circ$ .

En general, las tres variedades tuvieron un comportamiento similar y no mostraron diferencias destacables entre el color de piel y el color de pulpa.

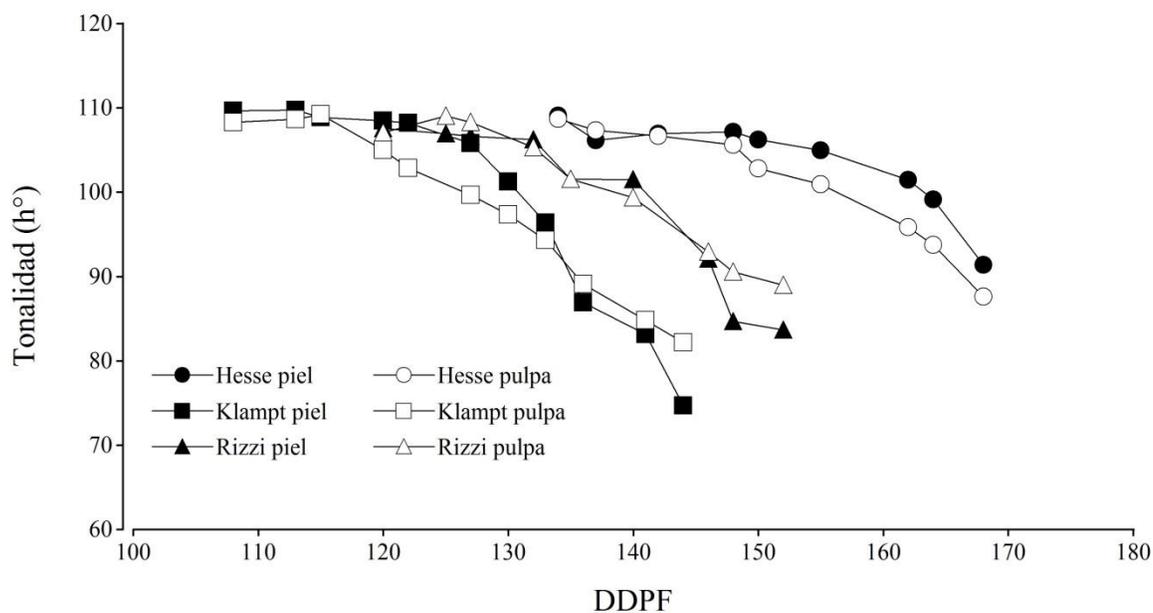


Figura 10. Evolución de la tonalidad de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

Los coeficientes de correlación entre la tonalidad de la piel y la pulpa fueron altos y significativos, con valores de  $r$  de 0,88; 0,88 y 0,91, para 'Klampt', 'Rizzi' y 'Hesse', respectivamente. Sin embargo, la relación entre ambas variables no fue lineal, por lo que se ajustaron regresiones segmentadas para cada variedad (Figura 11). 'Rizzi' y 'Hesse', mostraron menor variabilidad del color de pulpa y ángulos de hue más altos, en cambio, 'Klampt' presentó mayor variabilidad y valores de hue menores en la maduración.

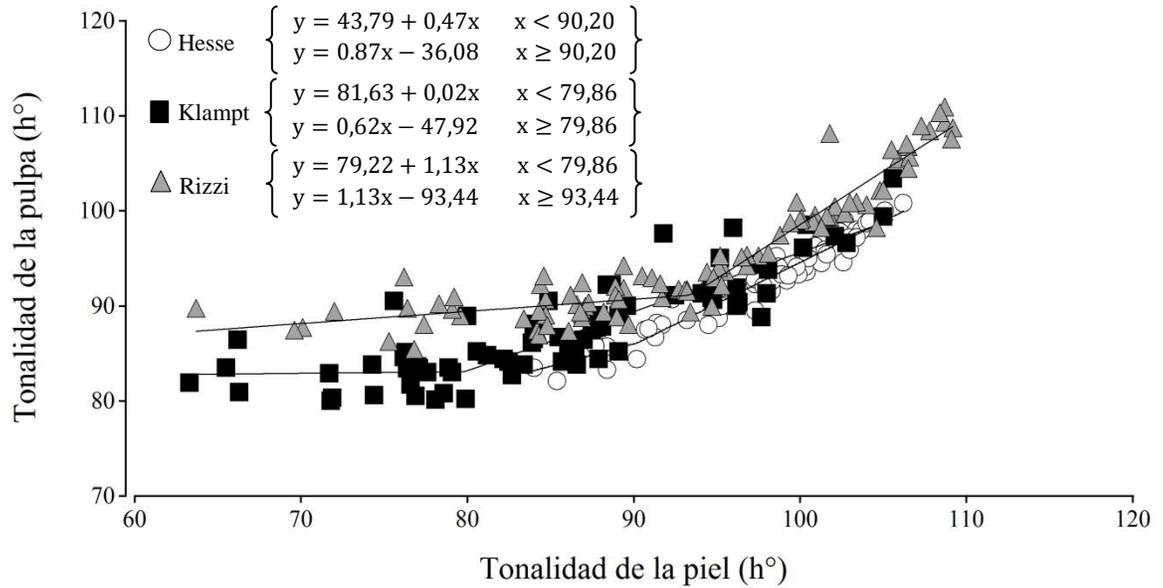


Figura 11. Tonalidad ( $h^\circ$ ) de la pulpa como función de la tonalidad de la piel en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión no lineal segmentada.

El  $I_{AD}$  descendió rápidamente en el período antes de la cosecha, observándose un comportamiento similar entre el  $I_{AD}$  de piel e  $I_{AD}$  de pulpa (Figura 12). En todas las variedades, los valores más altos de  $I_{AD}$  se presentaron en la piel.

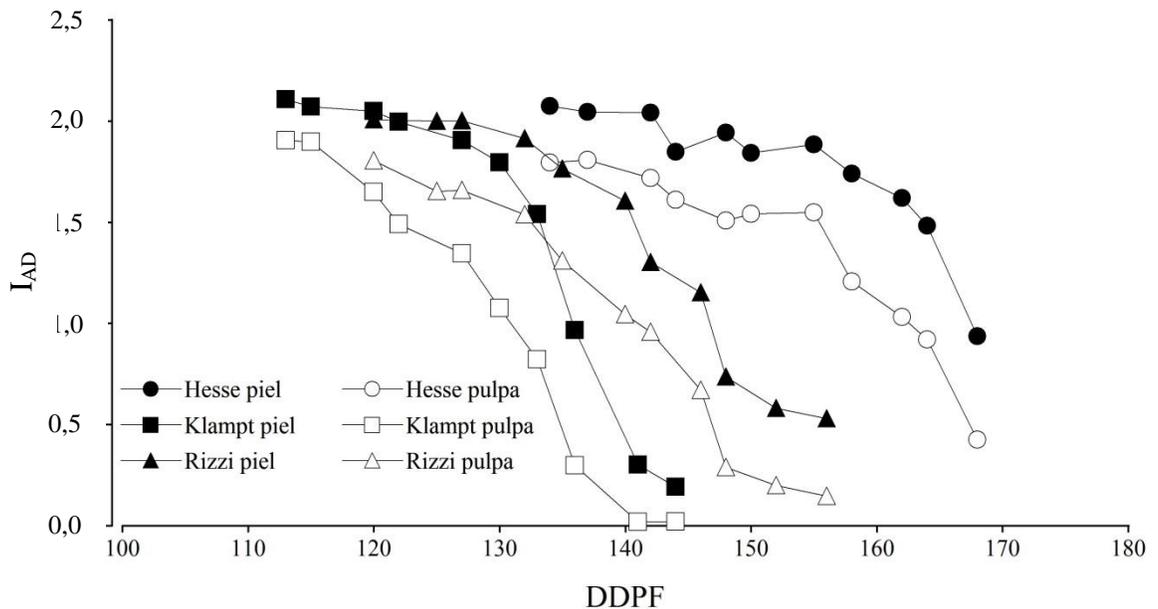


Figura 12. Evolución del  $I_{AD}$  de piel y pulpa en función de los días después de plena flor (DDPF) en las variedades Klampt, Rizzi, Hesse.

Conjuntamente, existió una alta asociación entre ambas variables, con valores significativos de  $R^2$  de 0,94; 0,97 y 0,94, para ‘Klampt’, ‘Rizzi’ y ‘Hesse’, respectivamente. Como se observa en la Figura 13 la relación del  $I_{AD}$  de piel y de pulpa 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.

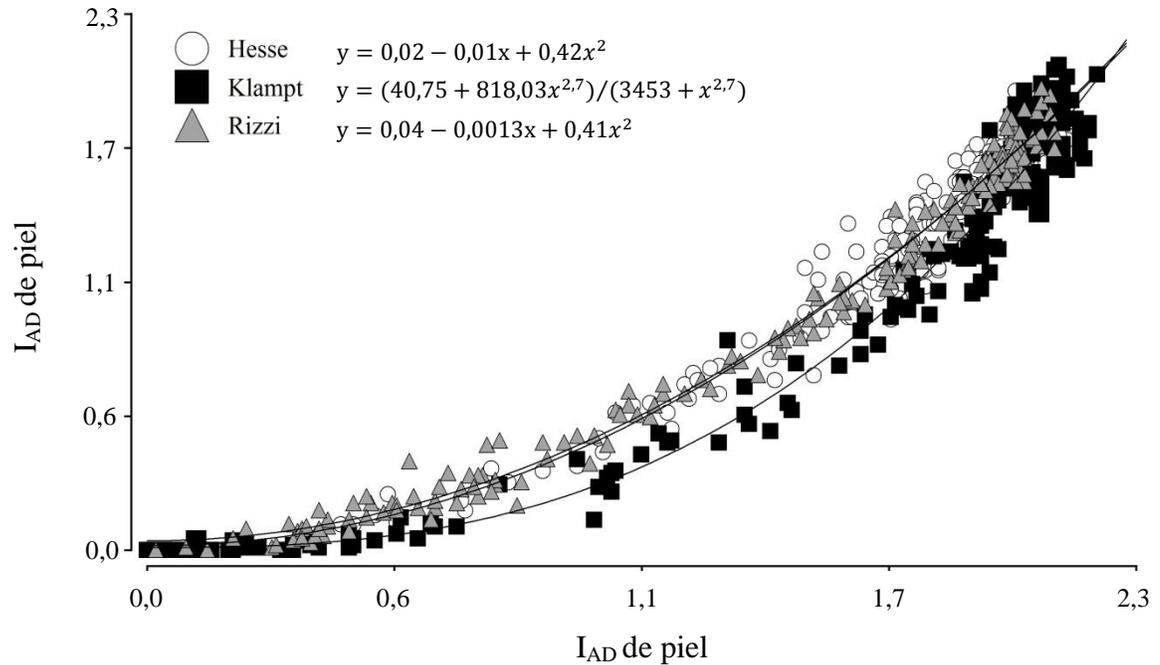


Figura 13.  $I_{AD}$  de la pulpa como función del  $I_{AD}$  de la piel para las variedades Klampt, Rizzi y Hesse. Las líneas continuas representan los modelos ajustados según una función de regresión lineal simple.

### Relación $I_{AD}$ y la Tabla de color ASOEX

Mediante el procedimiento CART, se determinaron estadísticamente los rangos de  $I_{AD}$  para cada color DN de la Tabla de color ASOEX de duraznos y nectarinas. Este análisis permite realizar clasificaciones con un conjunto de datos categóricos y continuos; así, en una muestra de 568 frutos, el árbol de decisión identificó 5 rangos de  $I_{AD}$  para cada categoría de color en la variedad Klampt (Figura 14). Cabe señalar que DN-1 corresponde al color verde, DN-2 al verde-amarillo, DN-3 al amarillo, DN-4 al amarillo-naranja y DN-5 al naranja.

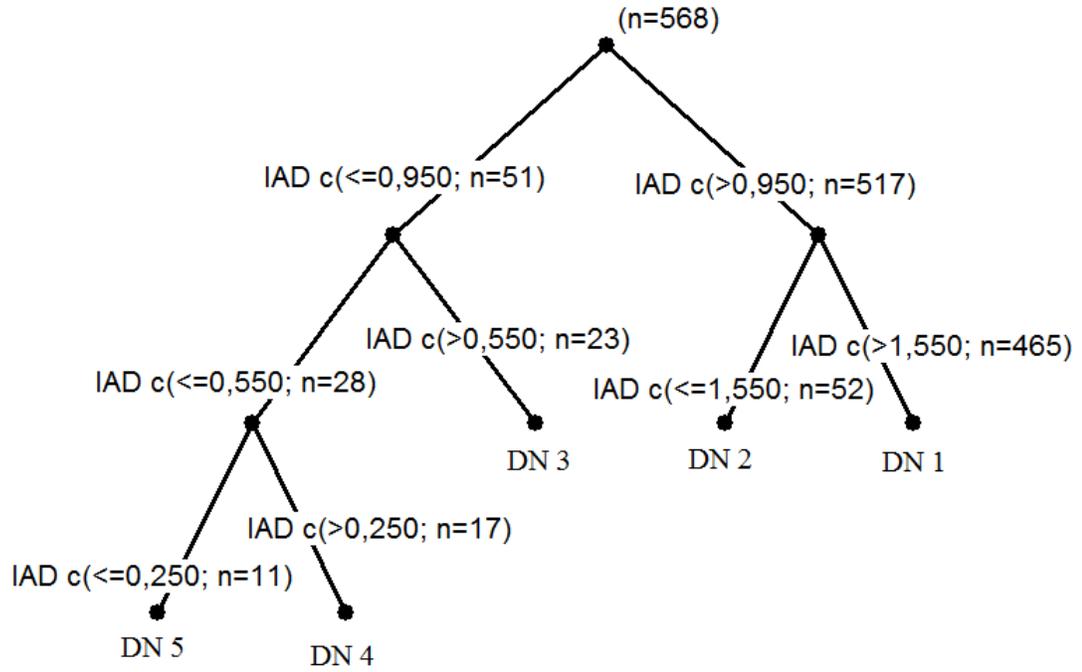


Figura 14. Árbol de clasificación y regresión (CART) de las categorías de la Tabla de color para duraznos y nectarinas ASOEX, en función del  $I_{AD}$  en la variedad Klampt.

## DISCUSIÓN

### Relación $I_{AD}$ y variables de madurez

Diversos autores han demostrado la utilidad del  $I_{AD}$  en la determinación del estado de madurez del fruto y el momento óptimo de cosecha, basándose en su relación con los principales parámetros de madurez, firmeza de pulpa y color de fondo (Costa et al., 2009; Infante et al., 2011; Pinto, 2014), y la alta asociación con la producción de etileno (Ziosi et al., 2008), principal activador de los procesos de maduración en frutos climatéricos (Tonutti et al., 1991; Tonutti et al., 1996; Giovannoni, 2004). Los altos valores de correlación obtenidos del  $I_{AD}$  con la firmeza de la pulpa y con el color de fondo, reafirman lo observado por Pinto (2014) en duraznos conserveros y por Ziosi et al. (2008) en duraznos y nectarinas, donde la caída del  $I_{AD}$  cercano a la cosecha refleja la degradación de la clorofila durante la maduración, en paralelo con el cambio de coloración del fruto y la reducción de la firmeza (Tijsskens et al., 2007; Costa et al., 2009; Lurie et al., 2013). Al respecto, la medición de la absorbancia es afectada por la absorción y dispersión de la luz (Ziosi et al., 2008), por lo que proporciona información conjunta acerca de las propiedades físicas y químicas del fruto (Cubeddu et al., 2001). En cuanto a la concentración de azúcares, se obtuvo correlaciones significativas en 'Klampt' y 'Hesse', con bajos valores de asociación; estos resultados reafirman lo reportado por Pinto (2014) e Infante et al. (2011), quienes afirman que la CSS representa más bien un índice de calidad que un índice de madurez. La significancia encontrada se explicaría por el comportamiento errático de la CSS año a año, influenciado fuertemente por condiciones ambientales y la carga frutal (Cantín et al., 2009).

Los modelos predictivos de la firmeza de pulpa y color de fruto en base al  $I_{AD}$  se obtuvieron a partir de regresiones lineales, con un alto grado de asociación, en las tres variedades. En precosecha, la firmeza de la pulpa presentó una caída lineal, en conjunto con la disminución de los valores del  $I_{AD}$ . Lo mismo fue observado por Pinto (2014), lo que estaría explicado por la sincronía de los procesos en la maduración (Lurie et al., 2013). Diversos autores coinciden en que la degradación de la clorofila, marcada por el quiebre en el  $I_{AD}$ , es activada por el aumento en los niveles de etileno (Tonutti et al., 1996; Giovannoni, 2004), el cual regula la expresión de genes asociados a la estabilización de las moléculas de clorofila (Hinder et al., 1996; Ziosi et al., 2008). Al mismo tiempo, el etileno regula la actividad de enzimas asociadas a la degradación y solubilización de pectinas que dan estabilidad a la pared celular (Hayama et al., 2006), generando cambios en la textura del fruto (Trainotti et al., 2003).

En cuanto a las tasas de ablandamiento, éstas fueron similares en 'Klampt' y 'Rizzi', y similares a las observadas por Pinto (2014) en variedades tempranas de duraznos conserveros. 'Hesse', en cambio, destacó por su menor tasa y tardía cosecha, lo que estaría explicado por un efecto propio de la variedad (Ojer et al., 2011). Algo similar fue reportado por Eccher-Zerbini et al. (2011) y Lurie et al. (2013), en duraznos y nectarinas. Esta particularidad, propia de algunas variedades (Ojer et al., 2011), resulta de gran interés para

los productores, pues permite ampliar la ventana de cosecha y programar las labores de recolección en base al estado de madurez y la ganancia de peso diaria del fruto.

Cabe destacar, la relación entre la tonalidad (hue) y el  $I_{AD}$ , en las tres variedades, con similar pendiente e igual hue a cosecha, sin desarrollo de color de cubrimiento considerable. Si bien el color de la piel no es un indicador confiable del estado de madurez del fruto (Lewallen y Marini, 2003), podría ser utilizado en variedades que no tienen un desarrollo importante de color de cubrimiento (Ferrer et al., 2005), más aún en duraznos conserveros, que, en general, expresan menor coloración rojiza (Brovelli et al., 1999).

### **Relación del color e $I_{AD}$ de la piel y la pulpa**

El alto grado de asociación entre la tonalidad de la piel y la tonalidad de la pulpa, con un  $R^2$  de 0,88 para las tres variedades en estudio, también fue reportado por Pinto (2014) en duraznos conserveros de cosecha temprana, quien encontró un coeficiente de correlación de 0,84. Si bien los resultados sugieren una estrecha asociación entre el hue de la piel y el hue de la pulpa, contrastan con lo obtenido por Crisosto et al. (2007) y Slaughter et al. (2013), quienes determinaron una baja correlación, con  $R^2$  de 0,35 y 0,50, respectivamente, en variedades con mayor desarrollo de color de cubrimiento, el cual afectaría el valor de la medición según la zona del fruto evaluada (Crisosto et al., 2007; Ziosi et al., 2008).

Los modelos predictivos de la tonalidad de la pulpa a partir de la tonalidad de la piel fueron regresiones segmentadas, corroborando la relación no lineal reportada por Slaughter et al. (2013) y la existencia de un “punto de inflexión”, en el cual la variación del color de la piel no refleja mayores cambios en el color de la pulpa (Pinto, 2014). Los modelos de ‘Rizzi’ y ‘Hesse’ mostraron un comportamiento similar, con gran variación en la tonalidad de pulpa con ángulos hue de piel mayores a  $90^\circ$ ; para hue menores, no hubo variación destacable, corroborando lo observado por Pinto (2014) en ‘Bowen’ y ‘Loadel’. En el caso de ‘Klampt’, el color de pulpa no cambia a partir de ángulos hue de piel menores a  $80^\circ$ , contrastando con Slaughter et al. (2013), quienes, trabajando con variedades similares, determinaron este “punto de inflexión” a valor hue de piel de  $70^\circ$ . Estas diferencias en los resultados, asociadas al desarrollo de color de cada variedad, serían efecto de factores genéticos y condiciones de crecimiento (Bonora, 2013), como la posición del fruto en el árbol (Ortín, 2004; Pinto, 2014) y la carga frutal (Crisosto et al., 2007), lo que hace dudar del uso del color de fondo como predictor confiable del color de pulpa en duraznos conserveros, menos aún en variedades con desarrollo de color de cubrimiento que “enmascara” el color de fondo (Slaughter et al., 2006; Ziosi et al., 2008).

La relación entre el  $I_{AD}$  de piel y el  $I_{AD}$  de pulpa se determinó en base a regresiones lineales simples, con un grado de asociación de 0,96 para las variedades en conjunto. Estos resultados coinciden con los señalados por Pinto (2014),  $R^2 = 0,97$ , destacando lo estrecho del comportamiento de este índice entre piel y pulpa; lo que, a diferencia de la tonalidad, permitiría una mejor predicción del color de pulpa. La diferencia importante de color entre piel y pulpa (Vallejos et al., 2011) y la diferencia en los niveles de reflectancia en el rango de los 600-700 nm (Slaughter et al., 2013), debido, probablemente, a la variabilidad natural

en el contenido de clorofila (Ziosi et al., 2008), sugieren una buena relación entre la tonalidad e  $I_{AD}$  de pulpa. Asimismo, si se considera que los rangos de  $I_{AD}$  para distintos estados de madurez son similares año a año (Ziosi et al., 2008), la caracterización del color de la pulpa y la madurez interna del fruto podrían permitir el ajuste de la cosecha en función de los cambios en el  $I_{AD}$  de pulpa. De ahí la importancia de futuras investigaciones enfocadas en la relación del  $I_{AD}$  y la tonalidad de pulpa en diferentes variedades y temporadas.

### **$I_{AD}$ y tabla de color ASOEX**

En Chile, el criterio de cosecha más utilizado es el color de fondo, a través de la utilización de la tabla de color ASOEX, diseñada originalmente para duraznos y nectarinas para exportación (Vallejos et al., 2011). La escala de intensidad va de 1 a 6; los valores 1 y 2 son inaceptables, por falta de color; lo óptimo está entre 3 y 5, y los frutos sobremaduros corresponden al valor 6 (Vallejos, 2009). Su uso ha sido exitoso durante los últimos años (Pinto, 2014), con una buena correlación entre los valores de color y firmeza de pulpa (Ojer, 2010). Sin embargo, la incorporación de nuevas variedades, con mayor desarrollo de color de cubrimiento (Ziosi et al., 2008), y el uso de la visión como criterio evaluador dificultan la determinación del momento de inicio de cosecha, sugiriendo la incorporación de métodos objetivos que permitan evaluar la fruta, de manera rápida y sencilla, en base al estado de madurez. Por ello, habiendo comprobado que el  $I_{AD}$  se asocia con los parámetros de madurez, la estrecha relación con la Tabla de color ASOEX, para la variedad Klampt, es una primera aproximación hacia un método práctico, objetivo y no destructivo de evaluación de madurez; su validación, en ésta y otras variedades, es necesaria para precisar mejor las categorías DN-4, DN-5 y DN-6.

## CONCLUSIONES

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

El uso del instrumento no destructivo Da-meter permite establecer el estado de madurez y ajustar el momento de cosecha en duraznos conserveros.

El índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ) se correlaciona linealmente con la firmeza de la pulpa y los parámetros de color de piel, tonalidad y saturación, en variedades tardías de durazno conservero.

Es posible establecer modelos predictivos de firmeza de pulpa y color de piel en función del índice de absorbancia de la clorofila ( $I_{AD}$ ) en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

Existe un alto grado de asociación entre el  $I_{AD}$  de piel y pulpa, permitiendo establecer modelos lineales de predicción del  $I_{AD}$  de pulpa en función del  $I_{AD}$  de piel en las variedades Klampt, Rizzi y Hesse.

El color de fondo de la piel no es un buen indicador del color de la pulpa en variedades tardías de durazno conservero.

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

## LITERATURA CITADA

- Abdi, N.; P. Holford and W.B. McGlasson. 1997. Effects of harvest maturity on the storage life of Japanese-type plums. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37: 391–397.
- 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.
- 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; W. Sherman and C. Sims. 1999, Apr. Non melting-flesh trait in peaches is not related to low ethylene production rates. *HortScience*, 34(2): 313-315.
- Cantín, C.; Y. Gogorcena and M. Moreno. 2009, Mar. Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) breeding progenies. *Journal Science of Food Agriculturae*, 89, 1909–1917.
- Costa, G.; M. Noferini; G. Fiori and P. Torrigiani. 2009, Feb. 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.
- Crisosto, C.; C. Valero and D. 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.
- Crisosto, C.; S. Johnson; T. DeJong and K. Day. 1997, Aug. Orchard factors postharvest affecting stone fruit quality. *HortScience*, 32(5): 820-823.
- 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.
- Eccher Zerbini, P.; M. Vanoli; F. Lovati; L. Spinelli; A. Torricelli; A. Rizzolo and S. Lurie. 2011, Feb. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in a late maturing nectarine cultivar after cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 62: 275–281.

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.

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.

García-Ramos, F.; J. Ortiz-Canavate; M. Ruiz-Altisent; J. Diez; L. Flores; I. Homer and J.M. Chavez. 2003. Development and implementation of an on-line impact sensor for firmness sensing of fruits. *Journal of Food Engineering*, 58: 53–57.

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

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.

Hinder, B.; M. Schellenberg; S. Rodoni; S. Ginsburg; E. Vogt; E. Martinoia; P. Matile and S. Hortensteiner. 1996, Jan. How plants dispose of chlorophyll catabolites. Directly energized up-take of tetrapyrrolic break-down products into isolated vacuoles. *Journal Biology Chemistry*, 271: 233-236.

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.

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.

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.

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.

Nilsson, T. and K. Gustavsson. 2006, Feb. Postharvest physiology of ‘Aroma’ apples in relation to position on the tree. *Postharvest Biology and Technology*, 43: 36–46.

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.; G. Reginato y F. Vallejos. 2009, oct. Manejo de la carga frutal y productividad de duraznos conserveros. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cuyo*, 41 (1): 65-76.

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.

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.

Pinto, C. 2014. Caracterización de la maduración y productividad de variedades tempranas de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch). Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención en Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 99h.

Slaughter, D. ; C. 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. 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.

Tijsskens, 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.; C. Bonghi and A. Ramina. 1996, Feb. Fruit firmness and ethylene biosynthesis in three cultivars of peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 71, 141–147.

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.

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.

- Valente, M.; R. Leardi; G. Self; G. Luciano and J.P. Pain. 2009. Multivariate calibration of mango firmness using vis/NIR spectroscopy and acoustic impulse method. *Journal of Food Engineering*, 94: 7–13.
- 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.
- Vallejos, F. 2009. Circular técnica N°2. Departamento Técnico Agrofoods. 7p.
- Zdunek, A.; J. Cybulska; D. Konopacka and K. Rutkowski. 2009. New contact acoustic emission detector for texture evaluation of apples. *Journal of Food Engineering*, 99: 83–91.
- 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.

## DISCUSIÓN GENERAL

Las 3 variedades evaluadas mostraron un cuaje muy semejante, entre 63 y 73%, quedando la carga frutal al momento del raleo determinada por la densidad de floración (Ojer y Reginato, 2002). La mayor densidad de flores y carga frutal se observó en las variedades Klampt y Hesse, clasificándose, según Ojer et al. (2011), como de alta densidad floral; y alta y muy alta carga frutal, respectivamente. Esta información es coincidente con lo reportado por Vallejos (2009), Ojer (2010) y Pinto (2014), en distintas localidades, por lo que la densidad floral y el cuaje de una variedad estaría definido por el factor genético; las diferencias entre temporadas estarían explicadas por el efecto de las prácticas de manejo y las condiciones climáticas (Ojer et al., 2001; Valero et al., 2007; Ojer et al., 2011).

Diversos autores han demostrado que la carga inicial es decisiva en la producción y calidad de los frutos (Ojer et al., 2001; Caruso et al., 2001), por lo que su determinación año a año resulta crucial a la hora de ajustar la época e intensidad de raleo. En variedades de alta densidad de floración y carga inicial, como Klampt y Hesse, el crecimiento potencial está limitado por la alta competencia por asimilados entre frutos, y entre éstos y brotes (Ojer et al., 2001). Al respecto, Grossman y DeJong (1995) y Ojer et al. (2001) coinciden en que raleos tempranos, dos semanas antes del inicio del endurecimiento del carozo, implican una fuerte disminución de la competencia, lo que determina un cambio en la tasa de crecimiento de frutos, que permite recuperar parcialmente el potencial de crecimiento perdido. Un distanciamiento entre frutos de al menos 10 cm promueve una mejor relación hoja-fruto (Ojer et al., 2011)

El largo del ciclo de crecimiento del fruto queda definido principalmente por la acumulación de temperatura (horas grado de crecimiento, GDH) los primeros 30 días después de plena floración (DeJong, 2006). La mayor acumulación de GDH en la temporada 2011/2012 determinó un desarrollo de fruto más rápido, con un ciclo de desarrollo más corto respecto del año anterior. Por consiguiente, se tuvo una cosecha más temprana.

La dinámica de la maduración estuvo marcada por la caída lineal del  $I_{AD}$  y el cambio de coloración del fruto, de verde a amarillo, aproximadamente 3 a 4 semanas antes de la cosecha. La degradación de la clorofila, en las tres variedades, hace caer el  $I_{AD}$  (Ziosi et al., 2008), aumentando la expresión de los carotenos que se encuentran encubiertos por el color verde (Kuckenberg et al., 2008). Paralelamente, la firmeza de la pulpa decae linealmente hasta la cosecha, producto de 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). Lo mismo fue observado por Pinto (2014) en variedades tempranas de durazno conservero. Esto estaría explicado por la sincronía de estos procesos en la maduración (Lurie et al., 2013).

La velocidad de caída de la firmeza permitió estimar la duración efectiva de la ventana de cosecha; entre 8 y 18 días, dependiendo de la variedad. Asimismo, se comprobó que en

ciertas variedades existe un aumento en el tamaño de fruto al retrasar la cosecha, siendo de gran interés para el productor, ya que el máximo retorno depende principalmente del peso de los frutos (Ojer et al., 2011). No obstante, se debe considerar que en la espera por la ganancia adicional en peso, el riesgo de ablandamiento de algunos frutos aumenta, lo que puede redundar en un menor rendimiento de la PDM, con pérdidas económicas importantes (Eccher-Zerbini et al., 2006).

En duraznero, a diferencia de otros frutales, existe gran variabilidad en la maduración de los frutos en el árbol (Lurie et al., 2013), por lo que la cosecha debe realizarse en múltiples pasadas (Ojer, 2010). Al comparar frutos de la zona inferior y superior de la copa, se comprobó que los frutos superiores destacan por su mayor tamaño y CSS, lo que coincide con Bible y Singha (1993), Lewallen y Marini (2003) y Pinto (2014). Por otro lado, la tonalidad del color de fondo resultó similar entre los frutos, independiente de su posición en la copa. La heterogeneidad observada en el grado de madurez de los frutos, se asoció al grado de exposición e interceptación de luz (Lewallen y Marini, 2003; Tijskens et al., 2007; Alcobendas et al., 2012), sin descartar que puedan existir otros factores que no fueron considerados en la investigación. Si bien se menciona la carga frutal, no se realizaron mediciones que permitieran visualizar específicamente este efecto.

La tasa de pérdida de la firmeza fue similar entre frutos superiores e inferiores en las variedades Klampt y Rizzi, manteniendo un patrón constante entre 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 al momento que inicia el proceso. Esta información es relevante a la hora de la gestión de cosecha, ya que permite establecer la duración de la ventana de cosecha de forma anticipada (Pinto, 2014).

En duraznos conserveros, los parámetros más importantes en la determinación del estado de madurez del fruto a la cosecha son el color de la pulpa y la firmeza (Slaughter et al., 2006). Sin embargo, constituyen métodos destructivos de evaluación, que requieren de grandes muestras y una zona específica de evaluación (Crisosto et al., 2007). En la búsqueda de incorporar un método objetivo para determinar el grado de madurez del fruto de manera no destructiva, rápida y sencilla, se evaluó el instrumento portátil DA-meter, que, a partir de espectrometría vis/NIRs, es capaz de medir el índice de diferencia de absorbancia ( $I_{AD}$ ) (Ziosi et al., 2008), medida indirecta del contenido de clorofila (Lurie et al., 2013). 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 piel se correlacionó fuertemente con la firmeza de la pulpa y el color de fondo, corroborando su uso como predictor del grado de madurez del fruto. Los modelos predictivos del color de la pulpa a partir del color de la piel mostraron resultados contradictorios a los establecidos por Crisosto et al. (2007) y Slaughter et al. (2013), por lo que su uso como índice de cosecha no está claro. Finalmente, queda la interrogante si la caracterización del color de la pulpa y la madurez interna del fruto podrían permitir el ajuste de la cosecha en función de los cambios en el  $I_{AD}$  de pulpa. De ahí, la importancia de

futuras investigaciones enfocadas en la relación del  $I_{AD}$  y la tonalidad de pulpa en diferentes variedades y temporadas.

En el plano local, el criterio de cosecha más utilizado es el color de fondo, a través de la tabla de color ASOEX. Sin embargo, el uso de la visión como criterio evaluador dificultan la decisión del momento de inicio de cosecha (Vallejos et al., 2011). Es por ello que habiendo comprobado que el  $I_{AD}$  se asocia con los parámetros de madurez, con la Tabla de color ASOEX, y sus rangos de cosecha para la variedad Klampt, es importante aplicar y validar esta investigación, pues existen otras variedades conserveras con diferencias importantes entre la piel y la pulpa (Vallejos et al., 2011), así, los rangos de  $I_{AD}$  recomendados podrían ser específicos para cada variedad. Finalmente, el  $I_{AD}$  parece ser una herramienta útil para los productores, permitiendo conocer el grado de madurez del fruto de forma rápida y sencilla.

## CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio confirma que:

En variedades tardías los principales cambios en la maduración se inician aproximadamente 20 a 25 días antes de la cosecha comercial.

El período de cosecha es una característica varietal y está determinado por la tasa de pérdida de la firmeza.

Existe una ganancia adicional en el peso de fruto al retrasar la cosecha en algunas variedades tardías de durazno conservero.

Los frutos de la parte superior de la copa maduran antes y son de mejor calidad a la cosecha que los frutos de la parte inferior.

La tonalidad del color de fondo es independiente de la posición del fruto en la copa.

El uso del instrumento no destructivo Da-meter permite establecer el estado de madurez y ajustar el momento de cosecha en duraznos conserveros.

El color de fondo de la piel no es un buen indicador del color de la pulpa en variedades tardías de durazno conservero.

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

## 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.

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.

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.

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.

Byers, R.; D. Carbaugh and C. Presley. Mar. 1990 The influence of bloom thinning and GA<sub>3</sub> sprays on flowers bud numbers and distribution in peach trees. *Journal of Horticultural Science*, 65: 143-150

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.

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.; 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.

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

Crisosto, C.; C. Valero and D. 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.

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

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.

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.

Delwiche, M.J., 1989. Maturity standards for processing clingstone peaches. *Journal of Food Process Engineering* 10 (4), 269–284.

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.

- 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.
- 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.
- Gil, G (ed.). 2000. Fruticultura; El potencial productivo, crecimiento y diseño de huertos y viñedos. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 342p.
- Grossman, Y. and T. DeJong. 1995, Jun. Maximum fruit growth potential following resource limitation during peach growth. *Annals of Botany*, 75: 561-567.
- 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 “Angeleno” 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lo Bianco, R.; M. Rieger and S. Sung. 1999. Activities of sucrose and sorbitol metabolizing enzymes in vegetative sinks of peach and correlation with sink growth rate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124: 381-388.
- Lopez, G. and T. DeJong. 2007, Jul. Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 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.
- Luchsinger, L. and C. Walsh. 1993. Changes in ethylene rate and ground color in peaches (cv. Redhaven and Marqueen) and nectarines (cv. Fantasia) during maturation and ripening. *Acta Horticulturae*, 343(1): 70-72.
- 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.
- 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.; 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. 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 y G. Reginato. 2002, jul. Efectos de la carga frutal en duraznero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 34 (1): 39-46.
- 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.
- Ojer, M.; Reginato, G.; Arjona, C.; Cantu, D. y P. Minatelli. 1996. Determinación de la capacidad de carga frutal, en un huerto de durazneros cvs. Bowen y Andross. *Investigación Agrícola*. 16(1): 1-7.
- Pinto, C. 2014. Caracterización de la maduración y productividad de variedades tempranas de duraznos conserveros (*Prunus persica* (L.) Batsch). Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención en Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 99h.
- Prasanna, V.; T. Prabha and N. Tharanathan. 2007, Jan. Fruit ripening phenomena-on overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1):1-19.
- 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.
- Seymour, G.; J. Taylor and G. Tucker (eds.). 1993. Biochemistry of fruit ripening. London, UK: Chapman and Hall. 454p.
- Slaughter, D. ; C. 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. 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.
- Southwick, S; K. Weis; J. Yeager and H. Zhou. 1995, Feb. Controlling cropping in Loadel cling peach using gibberellin effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning and yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120: 1087-1095.
- Tijkskens, 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.
- 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.
- Valente, M.; R. Leardi; G. Self; G. Luciano and J.P. Pain. 2009. Multivariate calibration of mango firmness using vis/NIR spectroscopy and acoustic impulse method. *Journal of Food Engineering*, 94: 7-13.
- 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.
- Vallejos, F. 2009. Circular técnica N°2. Departamento Técnico Agrofoods. 7p.
- Zdunek, A.; J. Cybulska; D. Konopacka and K. Rutkowski. 2009. New contact acoustic emission detector for texture evaluation of apples. *Journal of Food Engineering*, 99: 83-91.
- 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.