

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas
Escuela de Pregrado

MEMORIA DE TÍTULO

**CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PRODUCTIVIDAD
DE DURAZNOS 'BOWEN' Y 'KAKAMAS'**

CATALINA IGNACIA ATENAS CASTRO

Santiago - Chile
2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Ciencias Agronómicas
Escuela de Pregrado

MEMORIA DE TÍTULO

**CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PRODUCTIVIDAD DE
DURAZNOS 'BOWEN' Y 'KAKAMAS'**

**FRUIT GROWTH AND YIELD POTENTIAL OF 'BOWEN' AND 'KAKAMAS'
PEACHES**

CATALINA IGNACIA ATENAS CASTRO

Santiago – Chile
2014

UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Agronómicas

Escuela de Pregrado

**CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PRODUCTIVIDAD
DE DURAZNOS 'BOWEN' Y 'KAKAMAS'**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo

CATALINA IGNACIA ATENAS CASTRO

PROFESORES GUÍAS	Calificaciones
Sr. Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,2
Sr. Rodrigo Infante E. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
PROFESORES EVALUADORES	
Sra. Karen Sagredo U. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,3
Sra. Loreto Prat del R. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,8

Santiago - Chile
2014

A mi familia y a los que creyeron en mí...

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Marlene y José, por su amor infinito y constante apoyo y preocupación durante todos estos años, por enseñarme a nunca bajar los brazos, por ayudarme siempre en cada momento que los necesité y por incentivar me a ser una mejor persona todos los días.

A mi hermana Valentina, por su compañía en cada una de las etapas que viví, por su apoyo incondicional y por incentivar me a siempre seguir superándome.

A mis abuelos Lucy y Carlos, a mi primito Renato y a toda mi familia, por estar para mí en cada momento que los necesité, por enseñarme el valor de la perseverancia y por instarme a luchar por mis sueños.

A Roxana, Isidora, Consuelo, Andrés y Elma, por acogerme en su casa todo este tiempo, por darme su apoyo y por siempre hacerme parte de su familia.

A mis amigos de la vida y a Revive, por darme las fuerzas y la convicción necesarias para lograr mis metas y objetivos, por siempre ser luz en la oscuridad y por estar ahí para mí siempre, en especial a Pablo, Rafaella, Matías, Javier, Fabrizio, Miguel y Romanete.

A los que ya no están acompañándome, pero que de una u otra forma se han hecho parte de este gran logro.

A mis compañeros y amigos por su compañía durante estos largos años, por su apoyo y comprensión en cada una de las etapas que vivimos, por su vital compañía y por brindarme su amistad, en especial a los maipucinos Andrés, Nicolás y Geraldine por tantas horas de estudio y momentos de alegría, a mi compañero de labores Darío por su gran ayuda, a los provincianos Bruno y Francisco por ser siempre un gran apoyo, a los hippies Fernando y Leslie por su gran cariño, a Fabián por instarme a seguir adelante y a los cultos Andrés y José Luis por siempre tener una respuesta para mí.

A mis profesores guías Gabino Reginato y Rodrigo Infante, por su apoyo constante y el tiempo dedicado al desarrollo de esta memoria de título.

A Mariana por su invaluable ayuda en cada una de las etapas de la redacción de esta memoria y a todo el equipo Califru, le doy las gracias por su disponibilidad para acompañarme en este proceso.

Y gracias a todos los que aportaron de alguna forma u otra a hacer posible el cumplimiento de esta tarea.

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
SUMMARY	9
INTRODUCCIÓN	10
Objetivos	11
Objetivos específicos	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Lugar de estudio.....	12
Materiales.....	12
Capítulo 1: Caracterización de la productividad en las variedades Bowen y Kakamas ..	13
Métodos.....	13
Tratamientos.....	13
Evaluaciones	13
Productividad	13
Distribución de los frutos por diámetro	14
Diseño experimental y análisis estadístico.....	15
Capítulo 2: Caracterización del crecimiento de fruto y maduración de las variedades Bowen y Kakamas.....	16
Métodos.....	16
Crecimiento y desarrollo del fruto	16
Fecha de cosecha.....	16
Calidad de fruto.....	16
Diseño experimental y análisis estadístico.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
Capítulo 1:.....	19
Caracterización de la productividad en las variedades Bowen y Kakamas	19
Tamaño de árbol.....	19
Carga frutal.....	21
Producción y productividad	22
Masa del fruto	26
Distribución de frutos por diámetro	28
Capítulo 2:.....	31
Caracterización del crecimiento de fruto y maduración de las variedades Bowen y Kakamas.....	31
Maduración y crecimiento de fruto	31
Evolución del I_{AD}	31
Crecimiento del fruto	33
Fecha de cosecha y calidad de la fruta	36
Firmeza de la pulpa.....	36
Índice de absorbancia de clorofila.....	38
Relación entre el I_{AD} y la firmeza de la pulpa.....	39
Parámetros de calidad	41

CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
APÉNDICE	47

CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y PRODUCTIVIDAD DE DURAZNOS 'BOWEN' Y 'KAKAMAS'

RESUMEN

Durante la temporada 2012-2013, se realizaron dos ensayos en un huerto comercial en dos variedades de durazneros de industria, 'Bowen' y 'Kakamas'; uno para caracterizar el crecimiento y maduración del fruto, desde inicio de endurecimiento de carozo hasta cosecha, y otro para determinar la productividad. En el ensayo de crecimiento y maduración de fruto, se realizó un seguimiento del diámetro e índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) a 30 frutos marcados por variedad, y se caracterizaron 3 cosechas diferenciadas por días después de plena flor. Se evaluó la concentración de sólidos solubles, el diámetro, el color de piel y pulpa y la firmeza de la pulpa. Para el ensayo de productividad, se seleccionaron doce árboles adultos por variedad, los cuales fueron raleados manualmente a inicios de endurecimiento de carozo a dos intensidades, para el caso de 'Kakamas', y tres intensidades para 'Bowen'

Al momento de la cosecha, se determinó la producción por árbol, en número y peso de los frutos, su tamaño medio, y la distribución de tamaño en 50 frutos por árbol. Para el análisis, los datos fueron normalizados según la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada, expresando la productividad y la carga frutal por PAR interceptada por unidad de área (m^2).

La mayor productividad se obtuvo en árboles adultos raleados con menor intensidad, mientras que, aquellos con una carga frutal menor presentaron un mayor tamaño de fruto. 'Bowen' obtuvo una mayor productividad expresada como $kg\ m^2\ PAR_i$ y un mayor peso promedio del fruto que 'Kakamas'; para un mismo nivel de carga frutal.

Respecto de la maduración, el I_{AD} y la firmeza de la pulpa (N) evolucionaron a partir de los 101 días después de plena flor para 'Bowen' y a partir de los 126 en la 'Kakamas'. La tasa de ablandamiento fue más rápida en 'Bowen', disminuyendo la firmeza a una tasa de $2,3\ N\ d^{-1}$, mientras que en 'Kakamas' fue de $1,3\ N\ d^{-1}$, permitiendo que la fruta de cosechas tardías se mantenga en un rango óptimo de firmeza en esta última variedad. El aumento del peso promedio de fruto posterior a una cosecha tardía fue de 8% para 'Kakamas' y de 15% para 'Bowen'.

Palabras clave: maduración, I_{AD} , firmeza, calidad de fruto.

FRUIT GROWTH AND YIELD POTENTIAL OF ‘BOWEN’ AND ‘KAKAMAS’ PEACHES

SUMMARY

During the 2012-2013 season, two trials in two peach tree cultivars (‘Bowen’ and ‘Kakamas’) were carried out, one to characterize fruit growth and ripening from the beginning of pit hardening to harvest and the other to determine yield potential. For the latter trial, 12 trees per cultivar were selected and hand-thinned at the beginning of pit hardening at two intensities for of ‘Kakamas’ and at three for ‘Bowen’. In the fruit growth and ripening trial, a follow-up to fruit diameter and index of absorbance difference (I_{AD}) was conducted in 30 fruits tagged per cultivar and three harvests differentiated by days after full bloom (AFB) were characterized. Soluble solids concentration, fruit diameter, skin and flesh color, as well as flesh firmness were evaluated.

At harvest time, yield per tree was determined in fruit number and weight per tree, mean fruit size, and size distribution in 50 fruits per tree. For the analysis, data were normalized by intercepted photosynthetically active radiation (PAR), expressing productivity and crop load by per PAR_i per area unit (m^2).

The greatest productivity was obtained from adult trees thinned with less intensity; inversely, those trees with less crop load showed a larger fruit size. ‘Bowen’ obtained a greater productivity expressed as $kg\ m^2 PAR_i$ and a higher mean fruit weight than ‘Kakamas’ with the same level of crop load.

With respect to ripening, I_{AD} and flesh firmness evolved from 101 days AFB in ‘Bowen’ and from 126 days AFB in ‘Kakamas’. Fruit softening rate was faster in ‘Bowen’, where firmness decreased to a rate of $2.3\ N\ d^{-1}$, while in ‘Kakamas’ it was $1.3\ N\ d^{-1}$, allowing that late harvest to remain in an optimal firmness range in the latter cultivar. Mean fruit weight increased 8% for a late harvest ‘Kakamas’ and 15% for ‘Bowen’.

Key words: ripening, I_{AD} , firmness, fruit quality

INTRODUCCIÓN

El cultivo del duraznero en Chile se desarrolla, principalmente, entre las regiones de Valparaíso y O'Higgins, concentrándose en ellas más del 95% de la superficie plantada a nivel nacional (CIREN, 2004). Según las últimas estimaciones, la superficie total de durazneros conserveros es de 10.662 hectáreas, siendo la Región de O'Higgins la que concentra más del 50%, con 5.674,9 hectáreas. (ODEPA, 2012).

El duraznero, al igual que la mayoría de los frutales de carozo, carga más fruta de la necesaria para una adecuada producción comercial. Esta situación si no se controla con un manejo adecuado del huerto, puede provocar pérdidas económicas por quiebre de ramas, tamaño inadecuado en la fruta y retraso en la coloración, entre otras (Ojer *et al.*, 2011c).

El potencial productivo tiene una relación positiva con la cobertura del espacio, influyendo por tanto en la densidad de plantación, el sistema de formación o arquitectura, el sistema de riego, entre otros (Reginato, 2008). La carga frutal también juega un papel fundamental a la hora de realizar las labores de manejo de durazneros; ésta permite diagnosticar las condiciones en que se desarrolla la temporada y, en función de ello, ajustar la época e intensidad de raleo de frutos (Ojer *et al.*, 2009). Junto a lo anterior, se ha constatado que la producción es dependiente de la radiación interceptada, siendo el rango óptimo de 70% a 75% de luz incidente (Reginato, 2008). Sin embargo, a pesar de que la interceptación de luz afecta positivamente la producción de fruta, situaciones de alta carga frutal, con elevada producción y poco follaje, hacen que el desarrollo de brotes y de raíces se vea afectado, lo que determinará, en el inicio de la próxima temporada, un menor crecimiento vegetativo y pérdida sustancial del vigor en las temporadas que siguen, disminuyendo también la vida útil de los huertos (Ojer *et al.*, 2011b). De esta forma, en los durazneros, la poda y el raleo de frutos son las prácticas que mayormente afectan los rendimientos y la calidad de los frutos y, por ende, influye significativamente en la rentabilidad del cultivo (Ojer *et al.*, 2011b).

Para determinar el potencial productivo de una unidad productiva es necesario conocer la respuesta de la productividad y del tamaño del fruto a la carga frutal (Ojer *et al.*, 2011c). Así, se ha podido determinar que, evaluando curvas de productividad y peso medio del fruto como función de la carga frutal, se puede determinar distintos tipos de respuesta, dependiendo de la época en que se realice el ajuste de carga y del tamaño del fruto en el momento del raleo (Ojer *et al.*, 2011b). De este modo, cuando se tiene baja carga frutal y frutos grandes, cualquier incremento en carga frutal trae una reducción del tamaño del fruto de menor magnitud que el aumento en productividad (Ojer *et al.*, 2011b).

En el cultivo del duraznero resulta relevante tener claro los objetivos comerciales de la producción, ya que, según éstos, van a variar el tamaño del fruto, específicamente el tamaño potencial que se fija desde muy temprano y que tiene incidencia en las labores culturales, como el raleo (Verdugo, 2011). Además, de acuerdo a estos objetivos, también

se debe planificar el momento óptimo de cosecha, ya que el durazno presenta grandes cambios, tanto fisiológicos como organolépticos, en pocos días durante su maduración, por lo que determinar la fecha de cosecha resulta fundamental para asegurar la máxima calidad del fruto (Altube *et al.*, 2001). Las características propias del durazno, en cuanto a forma y color durante el período de maduración, se utilizan para establecer los índices de madurez de cosecha. Durante este período, los duraznos cambian el color de la epidermis, y el de la pulpa y disminuyen la resistencia a la presión (Altube *et al.*, 2001). Por lo tanto, los principales indicadores que determinan el momento de la cosecha son el color de fondo y la firmeza del fruto (Verdugo, 2011).

Dentro de los principales parámetros de calidad del durazno están el peso del fruto, que debe ser entre 100 a 250 gramos, con firmeza, entre 14 y 12 lb y hasta cuando alcanzan valores de 6 lb, que es el mínimo exigido (Ojer *et al.*, 2011a). En cuanto al color de fondo, la industria utilizan tablas de colores, cuyos valores se correlacionan con la firmeza de la pulpa (Ojer *et al.*, 2011).

Como todos los frutos de carozo, el durazno tiene un patrón de crecimiento del tipo doble sigmoideo, con dos períodos de crecimiento rápido y un período intermedio de crecimiento lento (Pereira, 1989). La etapa I se considera desde floración hasta el inicio de endurecimiento del carozo, aquí el fruto alcanza el 80% de su tamaño final. En la etapa II ocurre el endurecimiento del carozo propiamente tal, condición que continúa en la etapa III, en donde se lleva a cabo mayormente la elongación celular, por lo que ocurre un rápido aumento en tamaño y peso fresco del fruto, y de peso seco al final del período (Ferreira *et al.*, 2002). Durante la última etapa de desarrollo del durazno aumenta el tamaño de fruto, y éste será mayor o menor dependiendo de cuánto tiempo se deje el fruto en el árbol, es decir, de la fecha de cosecha (Pereira, 1989), además la decisión de cosechar de manera temprana o tardía puede variar si se trata de una variedad de media estación, como ‘Bowen’, o una tardía, como ‘Kakamas’, y puede determinar un aumento en el peso de fruto que represente una ganancia significativa.

Objetivos

Caracterizar el potencial productivo, el crecimiento del fruto y maduración de dos variedades de dos variedades de duraznos.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el potencial productivo de dos variedades de duraznos con diferentes niveles de carga frutal.
2. Determinar el crecimiento de fruto de dos variedades de duraznos
3. Determinar diferencias en parámetros de calidad de fruta de dos variedades de duraznos en diferentes fechas de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El trabajo experimental se realizó durante la temporada 2012-2013 en el fundo “San José de Apalta” perteneciente a Agrícola Casas de Apalta S.A., ubicado en la localidad de San José de Apalta (34°20'10,65”S; 70°52'27,58”O), Región de O’Higgins. Las evaluaciones de parámetros de calidad se realizaron en el laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicado en la Comuna de La Pintana, Región Metropolitana.

Materiales

Se utilizaron las variedades de durazno ‘Bowen’ y ‘Kakamas’. Los árboles tenían 8 años de edad y estaban conducidos en ípsilon transversal, injertados sobre patrón Nemaguard, plantados a 2,5 x 5,0 m, y regados por goteo.

Capítulo 1: Caracterización de la productividad en las variedades Bowen y Kakamas

Métodos

Tratamientos

Se seleccionaron 12 árboles por variedad; en el caso de 'Bowen', se establecieron 3 rangos de carga frutal, con 4 árboles cada uno, mediante un raleo manual a inicio de endurecimiento de carozo (IEC). Se utilizó como criterio la distancia entre frutos, quedando la carga frutal definida como: alta carga (5 cm); media carga (10 cm) y baja carga (15 cm). En 'Kakamas', se definieron dos rangos de carga, con 6 árboles cada uno: alta carga, a 5 cm de distancia entre frutos, y media carga, según el mismo criterio, a 10 cm de distancia entre frutos.

Evaluaciones

Productividad

La productividad se evaluó a cosecha, donde se contabilizó el total de frutos y se pesó el total de frutos cosechados de cada árbol, lo que se expresó en función de la radiación solar interceptada, en metros cuadrado (m^2/PAR_i) y del árbol, quedando en $kg/m^2 PAR_i$ y $kg/árbol$.

La radiación solar interceptada fue medida a partir de la radiación no interceptada por los árboles (PAR_{ni}), mediante un ceptómetro modelo ACCUPAR LP-80, que tiene 80 sensores alineados y separados cada 1 cm. Las mediciones se realizaron a 20 cm del suelo evaluando toda la superficie que se asigna a cada árbol, en forma perpendicular a la hilera, desde la mitad de la entre hilera hasta la mitad de la siguiente. Las mediciones se realizaron a inicios del período de cosecha, en 3 momentos del día, al mediodía solar (MDS) y 2 y 4 horas antes o después del mediodía solar (MDS). Para estimar todo el período de radiación interceptada, la fracción de radiación interceptada correspondió a un promedio ponderado de las tres mediciones, donde la del MDS se pondera por uno, y las de dos y cuatro horas antes o después del MDS se ponderan por dos, considerando que la incidencia de la luz solar es simétrica en la mañana y en la tarde.

La radiación fotosintéticamente activa interceptada por la cubierta vegetal (PAR_i) se determinó por diferencia entre la radiación incidente (PAR_0) y la radiación no interceptada por el árbol (PAR_{ni}), calculado como:

$$PAR_f = (PAR_0 - PAR_{ni}) / PAR_0$$

Donde:

PAR_f = fracción de radiación interceptada

PAR_0 = radiación incidente

PAR_{ni} = radiación no interceptada

El PAR_0 se midió cada vez que se inició la medición de una planta. La medición de la interceptación de PAR (radiación fotosintéticamente activa; 400-700 nm) se realizó en cosecha.

Distribución de los frutos por diámetro

Para determinar la distribución de calibres, se tomó una muestra representativa de 50 frutos/árbol, elegidos al azar. Para cada uno de los frutos se determinó individualmente el peso en una balanza digital, y el diámetro ecuatorial mayor (sutural o de “mejillas”) con un pie de metro. Los frutos se clasificaron de acuerdo al tamaño, teniendo como criterio los umbrales utilizados por la agroindustria, que son 57 y 72 mm de diámetro ecuatorial (ASAGRIN, 2007).

Diseño experimental y análisis estadístico

Para la evaluación de productividad y distribución de calibres se realizó un análisis de regresión, utilizando como variables dependientes el peso de fruto y la productividad y, como variable independiente, la carga frutal.

El diseño fue completamente aleatorizado, estableciéndose tres niveles de carga frutal para 'Bowen' y dos para 'Kakamas'. La unidad experimental fue el árbol completo.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y, en el caso de existir diferencias significativas, se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey, con $\alpha < 0,05$.

En todos los casos se utilizó el programa de análisis estadístico InfoStat (2008).

Capítulo 2: Caracterización del crecimiento de fruto y maduración de las variedades Bowen y Kakamas

Métodos

Crecimiento y desarrollo del fruto

Se marcaron 15 frutos/árbol y, semanalmente desde inicio de endurecimiento de carozo (IEC) hasta la cosecha, se evaluó el diámetro ecuatorial y el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}), en cada mejilla del fruto. Paralelamente, en cada fecha, se colectaron entre 12 y 30 frutos (para 'Bowen' y 'Kakamas' respectivamente) con características similares a los evaluados en el árbol y se les determinó la masa de cada fruto (g), y el I_{AD} , medido en la zona ecuatorial más representativa del color de cada mejilla. Además, se evaluó el color de la piel y de la pulpa, con un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (Minolta, Tokio, Japón); la firmeza de la pulpa, con un penetrómetro electrónico FTA GS-14 (Guss, Strand, Sudáfrica); la concentración de sólidos solubles, mediante el uso de un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón), evaluando el jugo de la pulpa, y expresándolo en porcentaje (%).

La caracterización del crecimiento del fruto en cada variedad se realizó en 2 árboles, en los cuales se realizó el seguimiento del crecimiento y la maduración del fruto midiendo diámetro ecuatorial, polar y sutural; además se determinó el índice de absorbancia de la clorofila en la piel.

Para caracterizar la maduración, se evaluó una muestra representativa de los frutos marcados en campo, determinando la evolución en el tiempo del color de fondo (C^* y h°) y la concentración de sólidos solubles para 'Bowen' y 'Kakamas' (APÉNDICE I).

Fecha de cosecha

Se establecieron 3 fechas de cosecha por variedad, definidas por días después de plena flor (DDPF), cada 4 días entre ellas. Para 'Bowen' se evaluó a partir de 122 DDPF. En 'Kakamas' las evaluaciones fueron a partir de los 155 DDPF.

Calidad de fruto

Se evaluó la calidad de los frutos para lo cual en cada fecha de cosecha se escogieron 20 y 30 frutos, en 'Bowen' y 'Kakamas' respectivamente, que fueron sometidos a evaluaciones de calidad.

Peso de fruto. Obtenido con una balanza electrónica de precisión modelo ES 1000HA (Belltronic, Suiza)

Firmeza de pulpa. La resistencia de la pulpa a la presión se midió con un penetrómetro digital motorizado FTA (Fruit Texture Analyser, TR, Italia) penetrando 10 mm en cada mejilla del fruto, con un émbolo de 7,9 mm de diámetro (N) previa remoción de la epidermis.

Concentración de sólidos solubles. Se determinó mediante un refractómetro termocompensado digital (Atago, Tokio, Japón), midiendo jugo de la pulpa de cada fruto estudiado. La lectura se expresó en porcentaje.

Diámetro. Obtenido mediante un pie de metro, y medido en la zona ecuatorial sutural, ecuatorial y polar.

Color de piel y de pulpa. Se determinó la tonalidad a partir de los datos colectados con un colorímetro portátil tri-estímulo Minolta CR-400 (Minolta, Tokio, Japón), con un iluminante D65 y un ángulo observador de 0°.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para comparar los estados de madurez de los frutos, se establecieron, 3 tratamientos correspondientes a fechas de cosecha determinadas por distintos días después de plena flor, en un diseño completamente aleatorizado. La unidad experimental fue un fruto, realizando 20 y 30 repeticiones para cada tratamiento, en 'Bowen' y 'Kakamas', respectivamente.

Los resultados de ambos ensayos se analizaron mediante un análisis de varianza y, en el caso de existir diferencias significativas, se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey, con $\alpha < 0,05$.

En todos los casos se utilizó el programa de análisis estadístico InfoStat (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capítulo 1: Caracterización de la productividad en las variedades Bowen y Kakamas

Tamaño de árbol

Se compararon los árboles utilizados para verificar que fueran similares. No existieron diferencias en la variedad Kakamas en el tamaño del árbol para los diferentes niveles de carga, cuando fue expresado como cm^2 de ASTT o m^2 de PAR_i (Cuadro 1).

Para 'Bowen' (Cuadro 2), sí existieron diferencias entre las diferentes cargas cuando el tamaño se expresó en cm^2 de ASTT, pero no cuando fue expresado como m^2 de PAR_i .

Cuadro 1. Tamaño de árbol para la variedad Kakamas expresado en cm^2 ASTT y m^2 PAR interceptado

Tratamiento de carga frutal	Tamaño del árbol			
	ASTT		PAR_i^*	
	---- cm^2 ----		---- m^2 ----	
Media	98,5 ± 39,6	a ^x	11,3 ± 0,6	a
Alta	129,5 ± 34,8	a	10,7 ± 1,9	a

^x Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Cuadro 2. Tamaño de árbol para la variedad Bowen expresado en cm^2 ASTT y m^2 PAR interceptado

Tratamiento de carga frutal	Tamaño del árbol			
	ASTT		PAR_i^*	
	---- cm^2 ----		---- m^2 ----	
Baja	142,4 ± 36,9	a ^x	10,4 ± 0,9	a
Media	82,2 ± 23,2	b	10,4 ± 1,2	a
Alta	117,2 ± 23,2	ab	11,4 ± 0,8	a

^x Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Existe una baja correlación entre ASTT y la radiación solar interceptada, corregida por la

distancia de plantación de los árboles (figuras 1 y 2), en ambas variedades, que se explica porque estos árboles han sido fuertemente intervenidos por podas. Con respecto a la relación entre estas dos variables, Escobar (2008) encontró una alta y positiva relación en árboles de ciruelos de entre 5 y 7 años de edad. Por el contrario, Reginato *et al.* (2007b), en durazneros de 12 años de edad intervenidos por podas, el tamaño de árbol fue estimado de mejor manera utilizando la fracción de *PAR* interceptada.

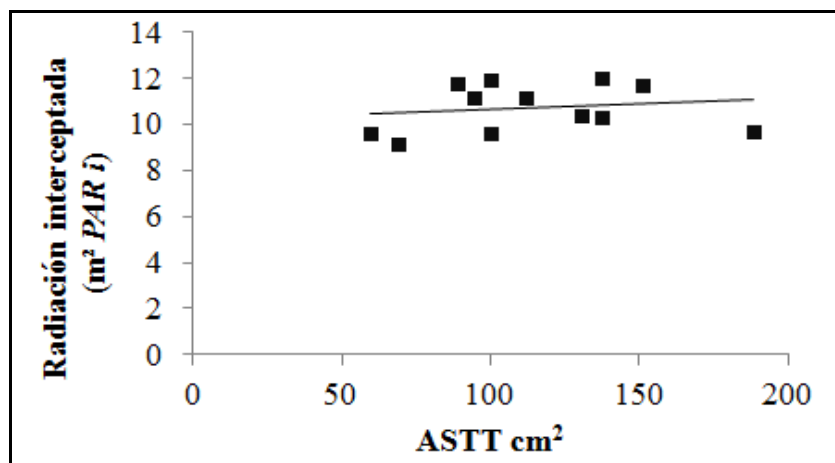


Figura 1. Tamaño del árbol, en $m^2 PAR_i$, como función de cm^2 de ASTT para la variedad Bowen.

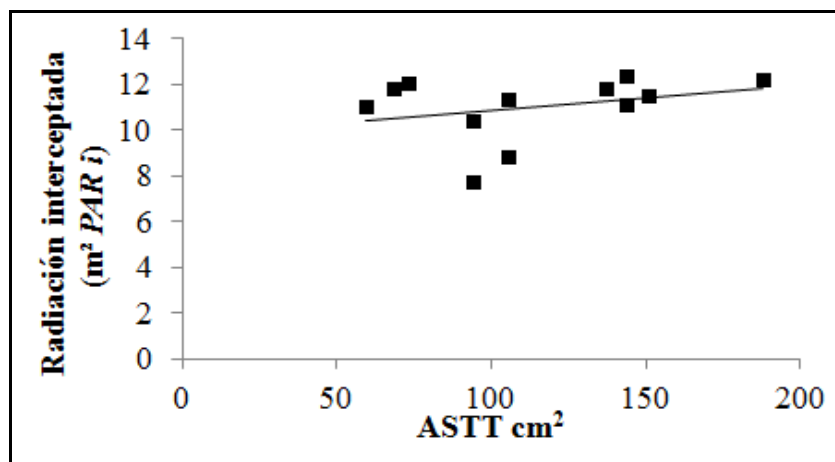


Figura 2. Tamaño del árbol, en $m^2 PAR_i$, como función de cm^2 de ASTT para la variedad Kakamas.

Carga frutal

La carga frutal final, expresada por árbol y corregida por radiación solar interceptada ($m^2 PAR_i$), como frutos/árbol o frutos/ $m^2 PAR_i$ a cosecha, estableció que para la variedad Bowen fue menor en el tratamiento de baja carga respecto al tratamiento de alta carga con una diferencia aproximada de 80% mientras que entre la baja y media carga no hubo diferencias, reflejando la diferencia esperada entre los tratamientos cuando la carga se expresó como frutos/árbol. Cuando se evaluaron los frutos/ $m^2 PAR_i$ sólo hubo diferencia entre la baja y la alta carga (Cuadro 3).

En el caso de 'Kakamas' hubo diferencia entre los tratamientos en ambas expresiones de carga frutal (Cuadro 4). La variedad Bowen tuvo un rango de carga frutal que fue desde 127,3 a 45,6 frutos/ $m^2 PAR_i$; para 'Kakamas' fue entre 29,2 a 64,6 frutos/ $m^2 PAR_i$.

Cuadro 3. Carga frutal expresada por árbol o normalizada por el tamaño de éste, frutos/ $m^2 PAR_i$ a cosecha, para tres intensidades de raleo, en la variedad Bowen.

Tratamiento de carga frutal	Carga frutal			
	Frutos/árbol		Frutos/ $m^2 PAR_i$ *	
Baja	282,2 ± 57,2	a	27,3 ± 6,3	a
Media	390,3 ± 99,5	a	37,9 ± 6,9	ab
Alta	515,3 ± 67,2	b	45,6 ± 8,4	b

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación. En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Cuadro 4. Carga frutal expresada por árbol o normalizada por el tamaño de éste, como frutos/ $m^2 PAR_i$ a cosecha, para dos intensidades de raleo, en la variedad Kakamas.

Tratamiento de carga frutal	Carga frutal			
	Frutos/árbol		Frutos/ $m^2 PAR_i$ *	
Media	330,7 ± 99,5	a	29,2 ± 8,8	a
Alta	680,2 ± 130,3	b	64,6 ± 14,5	b

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación. En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Producción y productividad

Al realizar un análisis de regresión de la producción y productividad en función de la carga frutal, expresada la producción como kg/árbol y la productividad como $\text{kg/m}^2 \text{PAR}_i$, se aprecia que, para ‘Bowen’ y ‘Kakamas’, existe una relación lineal positiva entre la carga y la productividad. Al respecto, diversos trabajos, en duraznero (Ojer *et al.*, 2001; Ojer y Reginato, 2002; Reginato *et al.*, 2007; Ojer *et al.*, 2009) y ciruelo japonés (Escobar, 2008), han reportado aumentos lineales de la producción y productividad cuando la carga frutal es incrementada.

Los datos no ajustados por carga frutal mostraron diferencias estadísticas entre niveles de carga frutal para la producción (kg/árbol), para la variedad Bowen se diferenció la baja carga de la media y la alta carga (Cuadro 5).. En el caso de la variedad Kakamas hubo diferencia entre los niveles de carga media y alta. En cuanto a la productividad, expresada como $\text{kg/m}^2 \text{PAR}_i$, en ‘Bowen’ no hubo diferencias, en cambio en ‘Kakamas’ sí las hubo (cuadros 5 y 6). Al respecto, la energía lumínica interceptada por el árbol, en este caso expresado como *PAR* interceptado, incide directamente en la producción de materia seca, aspecto que no se considera cuando la productividad es expresada como $\text{kg/cm}^2 \text{ASTT}$, por lo que utilizar la expresión $\text{kg/m}^2 \text{PAR}_i$ sería un mejor indicador de productividad (Reginato *et al.*, 2007c).

El análisis de varianza para producción y productividad indica que, en ‘Bowen’ (Cuadro 5), la baja carga se diferenció de la media y la alta, siendo esta última la que obtiene una producción mayor, superando un 47% a la baja carga, que posee la producción más baja expresada en kg/árbol. En relación a la productividad normalizada por luz interceptada por unidad de superficie no hubo diferencias significativas, contrario a las diferencias expresadas cuando se evaluó la carga frutal. Para el caso de ‘Kakamas’, cuando la productividad fue expresada en $\text{kg/m}^2 \text{PAR}_i$, la alta carga obtuvo una productividad mayor en 80% que la baja carga. En relación a la producción en kg por árbol se repite la misma proporción (Cuadro 6).

Cuadro 5. Producción por árbol y productividad expresada como frutos por m^2 de *PAR* interceptado a cosecha, en la variedad Bowen.

Tratamiento carga frutal	Producción		Productividad	
	----kg/árbol----		---- $\text{kg/m}^2 \text{PAR}_i$ *----	
Baja	54,3 ± 8,9	a ^X	5,3 ± 1,0	a
Media	68,1 ± 3,8	b	6,6 ± 0,9	a
Alta	80,0 ± 4,9	b	7,1 ± 0,9	a

^X Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de *PAR* interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Cuadro 6. Producción por árbol y productividad expresada como frutos por m² de PAR interceptado a cosecha, en la variedad Kakamas.

Tratamiento Carga frutal	Producción		Productividad	
	----kg/árbol----		----kg/m ² PAR _i * ----	
Media	50,0 ± 8,6	a ^x	4,4 ± 0,8	a
Alta	83,7 ± 9,5	b	8,0 ± 1,5	b

^x Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

En duraznos existe una relación directa entre la productividad y la carga frutal (Ojer y Reginato, 2002; Reginato *et al.*, 2007a, b; Ojer, 2010), aumentando la productividad a medida que la carga es mayor. Al analizar esta relación en función del PAR por m², mediante regresión (figuras 3B y 4B), se observa, al igual que los resultados obtenidos por los autores antes mencionados, una relación lineal para ‘Bowen’ y ‘Kakamas’, con coeficientes de determinación altos para la productividad normalizada por la interceptación de luz ($R^2 > 0,9$). En relación a la producción en función de la carga frutal, expresada como frutos por árbol, en el caso de ‘Bowen’ no existió una relación lineal, respondiendo a un comportamiento logarítmico (Figura 3A), mientras que en la variedad Kakamas existió una relación lineal con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,98$ (Figura 4A).

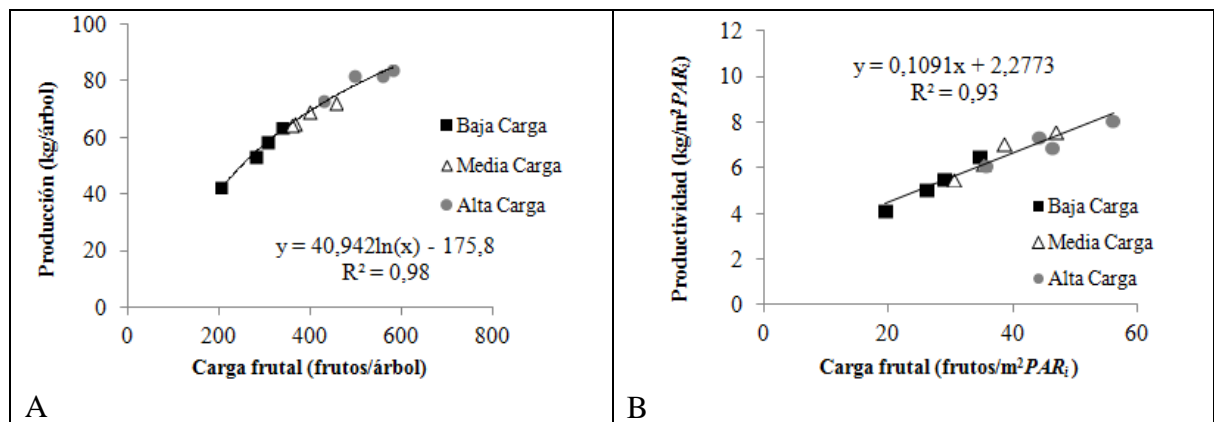


Figura 3. Producción por árbol en función de la carga frutal, expresada como frutos/árbol (A), y productividad en función de la carga frutal, expresada como frutos/m² PAR_i (B) para la variedad Bowen.

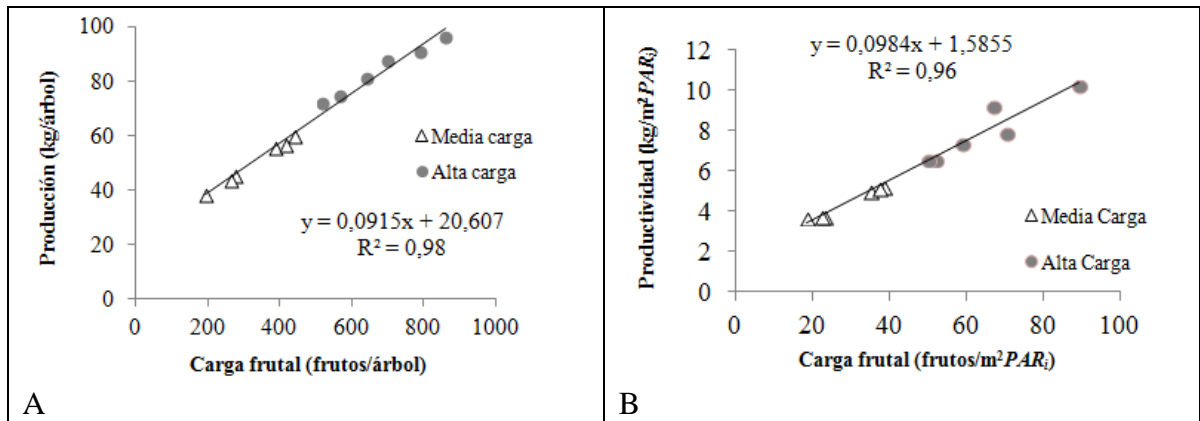


Figura 4. Producción por árbol en función de la carga frutal, expresada como frutos/árbol (A), y productividad en función de la carga frutal, expresada como frutos/m² PAR_i (B) para la variedad Kakamas.

Cuando la productividad, de ambas variedades expresada como frutos/m²PAR_i, se comparó a una misma carga frutal, entre 20 y 60 frutos/m²PAR_i, 'Bowen' obtiene productividad (Figura 5).

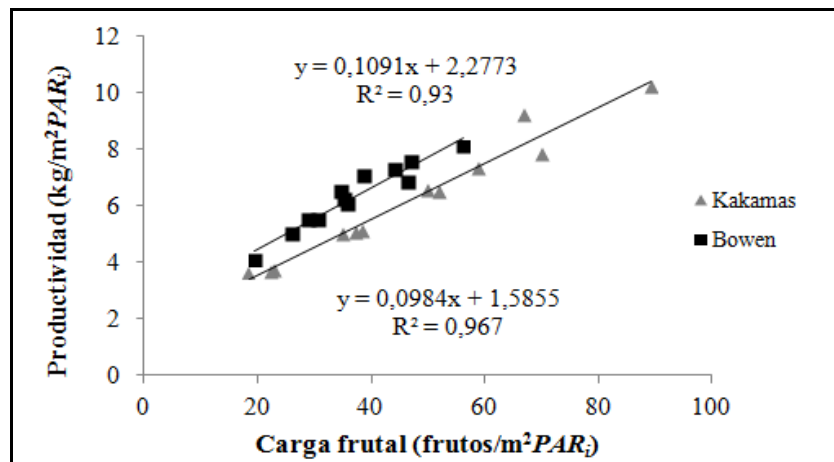


Figura 5 . Productividad en función de la carga frutal, expresada como frutos m²PAR_i⁻¹ para las variedades Bowen y Kakamas

Para determinar si las diferencias de producción y productividad fueron respuesta a la intensidad de raleo, se realizó un análisis de covarianza, usando la carga frutal a cosecha como covariable. Dado que la pendiente de los tratamientos fue similar en todas las expresiones de productividad y producción, es apropiado realizar comparaciones estadísticas entre los distintos tratamientos de poda mediante un análisis de covarianza.

Los resultados indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de intensidad de raleo al analizar la producción descontando el efecto de la carga frutal

(cuadros 7 y 8), para ambas variedades, por lo que las diferencias observadas entre tratamientos son debido a la diferente carga frutal.

Cuadro 7. Producción por árbol y productividad, expresada como frutos por m² de PAR interceptado a cosecha, en variedad Bowen usando como covarianza la carga frutal.

Tratamiento de carga frutal	Producción		Productividad	
	---kg/árbol---		---kg/m ² PARi*---	
Baja	65,70 ± 8,9	a ^X	6,43 ± 1,0	a
Media	68,04 ± 3,8	b	6,48 ± 0,9	a
Alta	68,65 ± 4,9	b	6,01 ± 0,9	a
Coefficiente de covarianza Carga Frutal	0,10**		0,12**	

^X Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Cuadro 8. Producción por árbol y productividad expresada como frutos por m² de PAR interceptado a cosecha, en variedad Kakamas usando como covarianza la carga frutal.

Tratamiento de carga frutal	Producción		Productividad	
	---kg/árbol---		---kg m ² PARi*---	
Media	63,48 ± 8,6	a ^X	6,04 ± 0,8	a
Alta	70,20 ± 9,5	b	6,35 ± 1,5	a
Coefficiente de covarianza Carga frutal	0,08**		0,09**	

^X Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Masa del fruto

La masa del fruto fue función de la carga frutal, para ambas variedades independiente si se expresó como frutos/árbol (figuras 6A y 7A) y frutos/m² PAR_i a cosecha (Figuras 6B y 7B). Se encontró una respuesta lineal negativa de la masa del fruto en función de la carga frutal; en donde, a medida que aumentó la carga frutal, existió una disminución de la masa promedio tal como ha sido reportado por Johnson y Handley (1989), Reginato y Camus (1993), Ojer *et al.* (2009) y Reginato *et al.* (2007a, b). La disminución de la masa del fruto en respuesta a un aumento en la carga frutal ha sido estudiado para el caso de los frutales de carozo, por otros autores en ciruelo japonés (Escobar, 2008) y durazno (Ojer y Reginato, 2002; Reginato *et al.* (2007); Reginato *et al.* (2008); Ojer *et al.* (2009)).

La respuesta general de la masa del fruto a la carga frutal en ‘Bowen’ corresponde a un comportamiento lineal negativo y quedó por la función $y = -1,7197x + 239,68$ para kg/m² PAR_i (Figura 6B). Para el caso de ‘Kakamas’, el comportamiento responde a una función logarítmica y se expresó como $y = -45,26\ln(x) + 309,13$ para kg/m² PAR_i siendo x los valores de carga frutal frutos/m² PAR_i (Figura 7B).

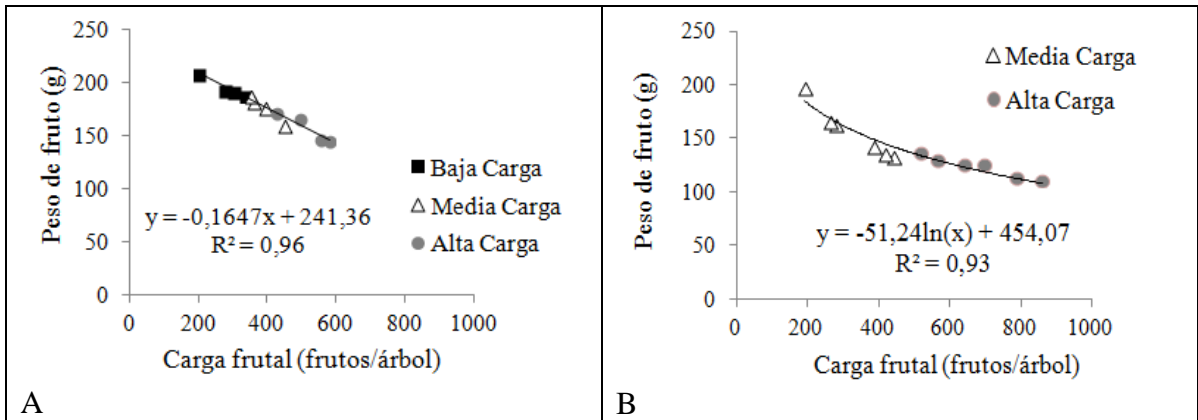


Figura 6. Peso de fruto en función de la carga frutal, expresada como frutos/árbol para ‘Bowen’ (A) y ‘Kakamas’.

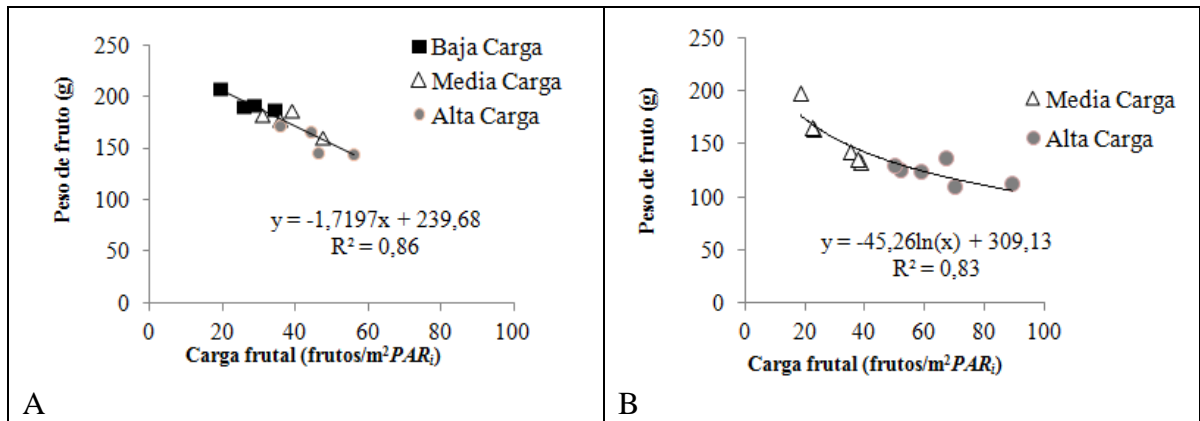


Figura 7. Peso de fruto en función de la carga frutal, expresada como frutos /m²PAR_i para 'Bowen' (A) y 'Kakamas' (B).

En relación al peso de fruto a una misma carga frutal entre 20 y 60 frutos m²PAR_i⁻¹, la variedad Bowen obtiene mayores valores comparada con 'Kakamas'. La masa promedio de fruto disminuye en ambas variedades, a medida que aumenta la carga frutal (Figura 8).

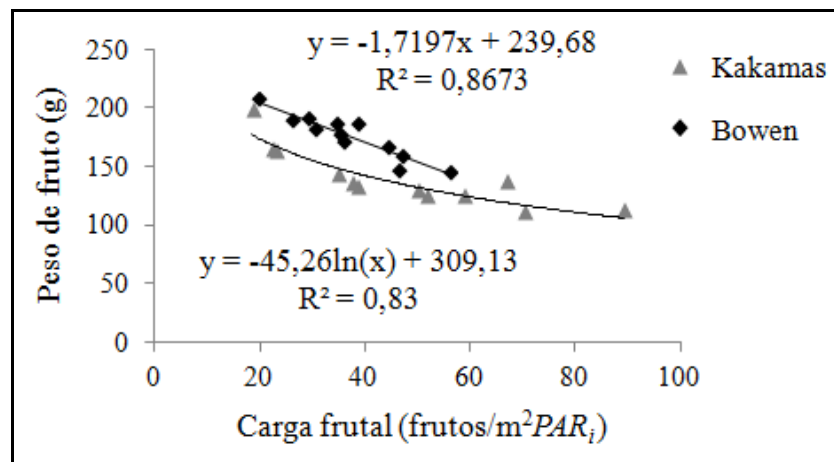


Figura 8. Peso de fruto en función de la carga frutal, expresada como frutos m²PAR_i⁻¹ para las variedades Bowen y Kakamas.

Distribución de frutos por diámetro

El durazno para la agroindustria debe cumplir con aspectos de calidad específicos que responden a los requerimientos del procesamiento y del envasado. Se requiere un mínimo 57 mm de diámetro ecuatorial y un máximo 72 mm (ASAGRIN, 2007). Los límites especificados, según Ojer *et al.* (2001), se basan en el peso de frutos, asignando para el uso del fruto para conserva, como mínimo 100 g, y como máximo 250 g. En 'Kakamas' (Cuadro 9), con carga media, el porcentaje de precalibre (bajo 57 mm) fue de 4,4%, estando la mayor proporción de los frutos en el rango comercial (57 y 72 mm); con la carga alta aumentó el porcentaje de frutos pequeños a 20,5%, existiendo diferencia con respecto a la carga media. En relación al porcentaje de calibre conserva no se observó diferencias entre los niveles de carga, no así en el porcentaje de frutos con más de 72 mm de diámetro, donde sí hubo diferencias, siendo el porcentaje de alta carga 8,4% y el de media 32%. Tal como se observa en la Figura 9, el porcentaje de calibre para conserva alcanza hasta un 70%, conforme el peso del fruto disminuye. Como respuesta general, la proporción de precalibre aumenta cuando la carga frutal es mayor (Cuadro 9); los frutos con calibre > 72 mm disminuyen a medida que aumenta la carga frutal.

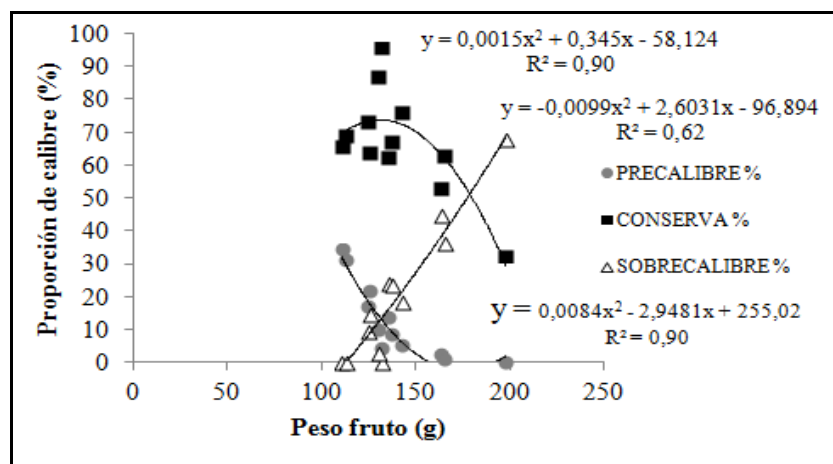


Figura 9. Proporción de precalibre, calibre conserva y sobre calibre a cosecha expresados en función del peso promedio de fruto (g) en variedad Kakamas.

Cuadro 9. Proporción de distintos calibres, obtenidos a cosecha, para diferentes tratamientos de raleo, en variedad Kakamas.

Tratamiento de carga frutal	Proporción de frutos					
	Precalibre		Calibre conserva ----%----		Sobrecalibre	
Media	4,4 ± 4,9	a	63,7 ± 21,4	a	31,8 ± 23,3	a
Alta	20,5 ± 10,6	b	71,0 ± 8,5	a	8,4 ± 9,5	b

^x Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

En 'Bowen', en baja carga no hubo frutos bajo 57 mm, no así en el de media y alta carga en donde hubo diferencias significativas entre las cargas frutales. En el porcentaje de calibre para conserva sí existieron diferencias entre las diferentes cargas frutales, siendo la alta, la que obtuvo la mayor proporción. En relación al porcentaje de frutos sobrecalibre, también se observó diferencias entre los tratamientos. Como se observa en la Figura 10, considerando los tratamientos de carga frutal, el porcentaje de calibre para conserva alcanza hasta un 80%, conforme el peso del fruto disminuye de los 150 g. Al igual que en 'Kakamas', la proporción de precalibre aumenta cuando la carga frutal es mayor (Cuadro 10).

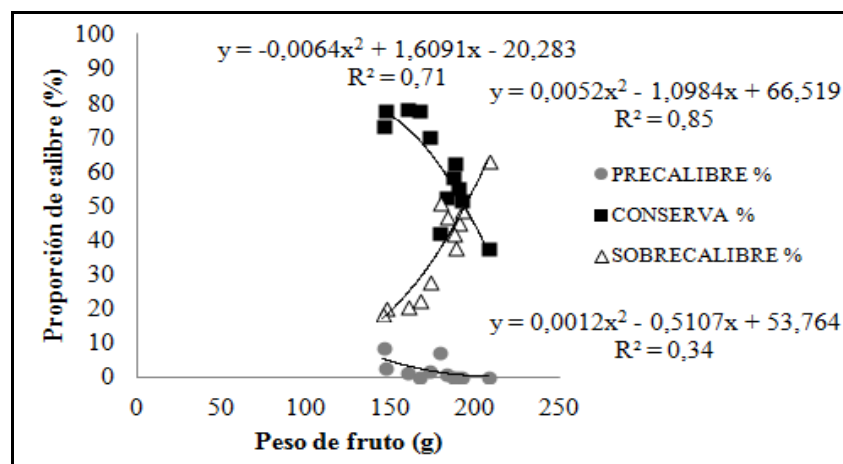


Figura 10. Proporción de precalibre, calibre y sobrecalibre a cosecha expresados en función del peso promedio de fruto (g) en variedad Bowen.

Cuadro 10. Proporción de fruto de distintos calibres obtenidos a cosecha, para diferentes tratamientos de raleo, en variedad Bowen.

Tratamiento de carga frutal	Proporción de frutos					
	Precalibre		Calibre conserva		Sobrecalibre	
			---%---			
Baja	0,0 ± 0,0	a	50,5 ± 9,3	a	49,5 ± 9,3	a
Media	2,4 ± 3,3	a	58,8 ± 15,4	ab	38,9 ± 13,3	a
Alta	22,0 ± 4,2	b	74,7 ± 3,7	b	3,3 ± 3,8	b

^x Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

* Fracción de PAR interceptada medido a cosecha, ajustado por la distancia de plantación.

En cada columna se presenta el valor promedio ± desviación estándar.

Capítulo 2: Caracterización del crecimiento de fruto y maduración de las variedades Bowen y Kakamas

Maduración y crecimiento de fruto

Evolución del I_{AD}

La evolución del I_{AD} de los frutos marcados en el árbol para la variedad Bowen muestra que, a medida que se acerca la cosecha, los valores de I_{AD} disminuyen, en respuesta a la maduración del fruto, en ambas variedades (figuras 11A y 12).

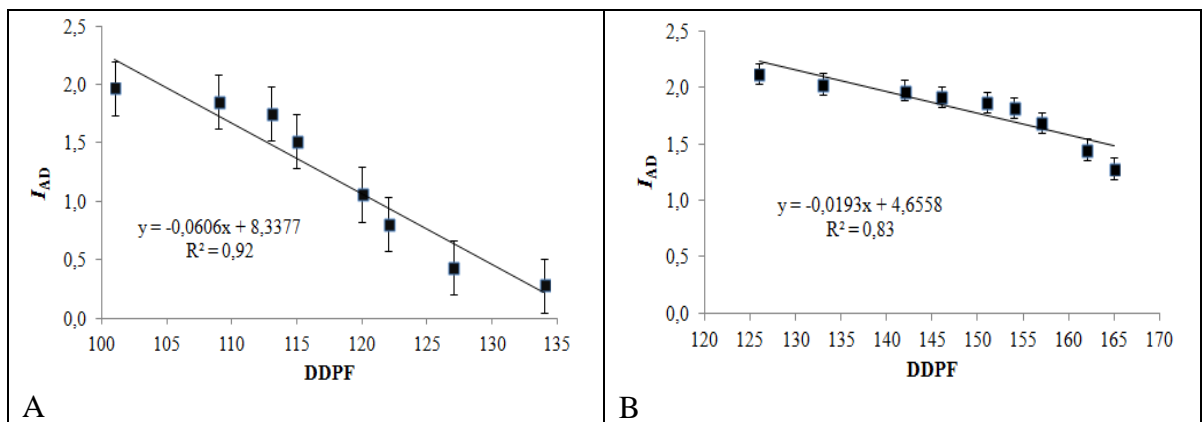


Figura 11. Evolución del I_{AD} de los frutos marcados en campo para las variedades Bowen (A) y Kakamas (B).

Las barras corresponden al error estadístico.

Debido a que la evolución de esta disminución no es lineal, se realizó una regresión no lineal segmentada (Infostat, 2008), para determinar el punto en donde la disminución es acelerada.

El comportamiento del I_{AD} para 'Kakamas' y 'Bowen' permitió identificar que el quiebre en la evolución del color ocurre el día 153 y 111, respectivamente. Para la variedad Kakamas, la regresión no lineal segmentada en dos tramos es: $y = 3,33 - 0,01x$ si $x \geq 153,5$ en el primer tramo; $y = -0,01 * 153,5 - 0,05(x - 153,5)$ si $x < 153,5$, en el segundo tramo (Figura 12)

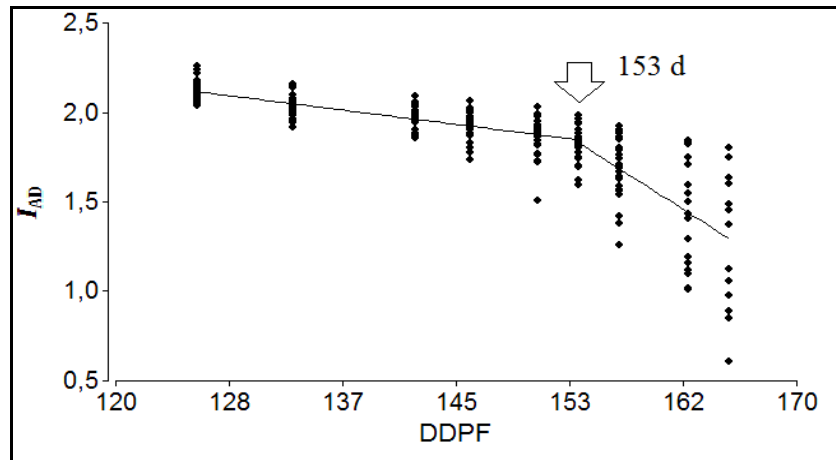


Figura 12. Evolución del I_{AD} , expresada como regresión de dos tramos, en la variedad Kakamas.

Flecha indica el día en que ocurre el quiebre en la evolución del IAD.

En la variedad Bowen el comportamiento de la regresión no lineal segmentada en dos tramos es: $y=3,47 - 0,01x$ si $x \geq 111,22$ en el primer tramo; $y= -0,01 * 111,22 - 0,08(x - 111,22)$ si $x \geq 111,22$ en el segundo tramo (Figura 13).

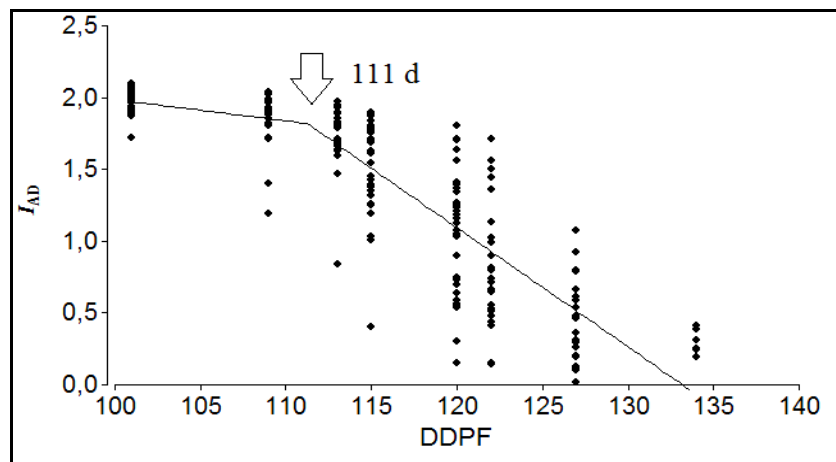


Figura 13. Evolución del I_{AD} , expresada como regresión de dos tramos, en variedad Bowen. Flecha indica el día en que ocurre el quiebre en la evolución del I_{AD} .

Crecimiento del fruto

En un comienzo, los frutos de la variedad Bowen tienden a ser más alargados, debido a que el diámetro polar es mayor que el diámetro ecuatorial, sin embargo, hacia la cosecha los diámetros son similares, haciéndose el fruto más esférico (Figura 14). En el caso de la variedad Kakamas, el diámetro polar siempre es menor que el diámetro sutural y ecuatorial, por lo que los frutos tienden a ser más redondeados y achatados (Figura 15).

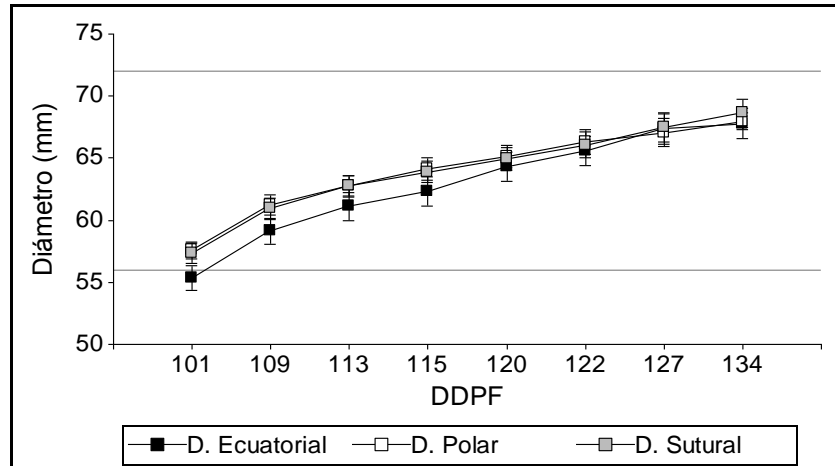


Figura 14. Evolución de los diferentes diámetros, para frutos en el árbol en función del tiempo para la variedad Bowen.

Líneas horizontales representan límites mínimo y máximo del rango óptimo de diámetro. Las barras corresponden al error estadístico.

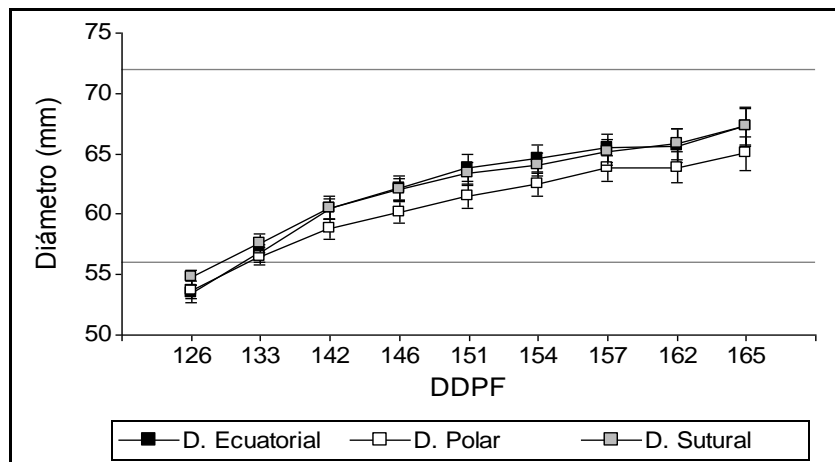


Figura 15. Evolución de los diferentes diámetros, para frutos en el árbol en función del tiempo para la variedad Kakamas.

Líneas horizontales representan límites mínimo y máximo del rango óptimo de diámetro. Las barras corresponden al error estadístico.

En relación a la evolución del peso, se realizó una estimación, para ambas variedades, basadas en el diámetro, dada la alta correlación que existe entre las variables (con datos no mostrados). Para 'Bowen' ($r = 0,93$) el fruto alcanza un peso estimado de 218,4 g el día 137 después de plena flor, por lo cual esta ganancia de peso va acompañada de una pérdida en la calidad agroindustrial y representa un aumento de 15% con respecto a la cosecha precedente, 130 DDPF. Sin embargo, cabe destacar que la firmeza a partir del 122 DDPF está bajo el rango óptimo, por lo que este aumento, si bien significa una ganancia, representa una pérdida en la firmeza (Figura 16).

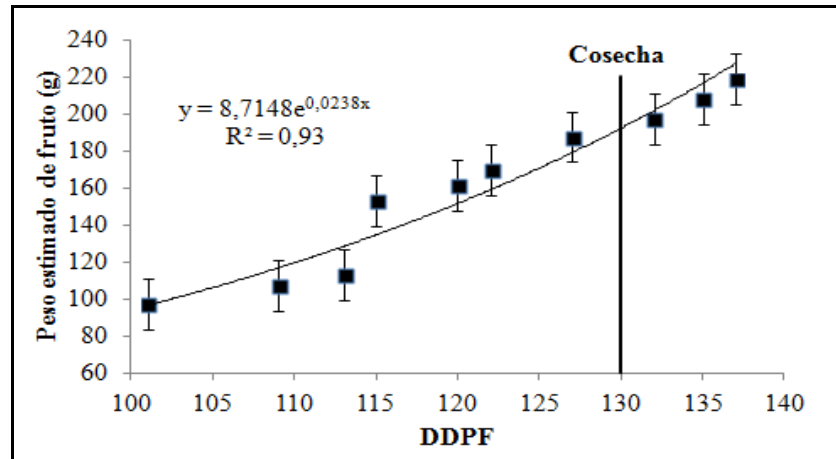


Figura 16. Evolución del peso estimado del fruto en función del tiempo, basado en el seguimiento del diámetro de los frutos marcados en el árbol para la variedad Bowen. La línea vertical corresponde a la última fecha de cosecha. Las barras corresponden al error estadístico.

En la variedad Kakamas ($r = 0,90$) el fruto alcanza un peso estimado de 173,7 a los 172 DDPF lo que representa un aumento de 8% con respecto a la fecha de cosecha precedente, lo que significa una ganancia considerable de peso manteniendo la firmeza dentro del rango aceptado por la agroindustria (Figura 17).

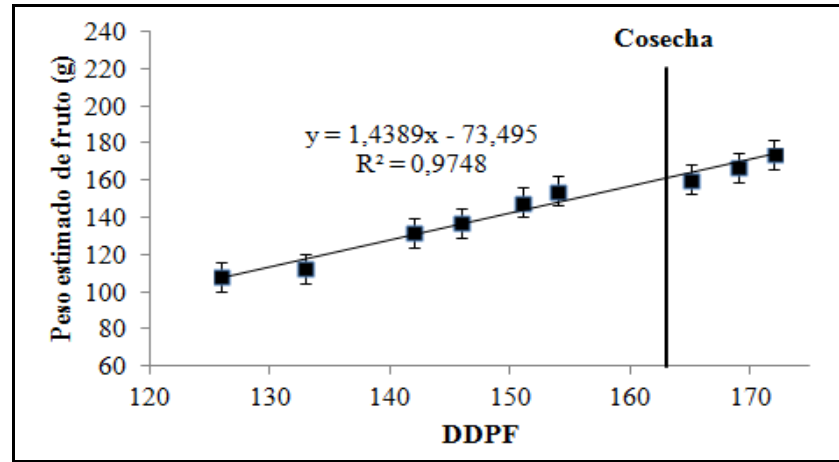


Figura 17. Evolución del peso estimado de fruto en función del tiempo, basado en el seguimiento del diámetro de los frutos marcados en el árbol para la variedad Kakamas. La línea vertical corresponde a la última fecha de cosecha. Las barras corresponden al error estadístico.

Para determinar la representatividad de los frutos evaluados en laboratorio, como reflejo de lo que ocurre con los frutos marcados en el campo, se realizaron regresiones entre los valores promedio de I_{AD} , diámetro ecuatorial, polar y sutural.

Cuadro 11. Coeficiente de promedios obtenidos en campo y laboratorio para ‘Bowen’ y ‘Kakamas’.

Parámetros	Asociación entre promedios determinados en campo y en laboratorio	
	‘Bowen’	‘Kakamas’
	---- R ² ----	
Índice de absorbancia de la clorofila	0,98	0,92
Diámetro ecuatorial	0,87	0,97
Diámetro polar	0,82	0,97
Diámetro sutural	0,90	0,97

Se puede decir que, tanto para ‘Bowen’ como ‘Kakamas’, los frutos evaluados en laboratorio fueron representativos de aquellos frutos marcados en el campo. Tanto del desarrollo como de la maduración, se pueden considerar las evaluaciones realizadas en laboratorio durante el crecimiento de fruto y la cosecha fueron representativas de lo ocurrido, en cuanto a la evolución de la maduración, con los frutos marcados en el árbol.

Fecha de cosecha y calidad de la fruta

Firmeza de la pulpa

La firmeza de la variedad Bowen, fue de un 92,6 N, al inicio de la medición, a los 101 días después de plena flor (DDPF). Las fechas de cosecha, realizadas a los 122; 126 y 130 DDPF, tuvieron una firmeza promedio de 31; 25,9 y 21,2 N, respectivamente, cuyas diferencias son estadísticamente significativas. Sólo en la primera fecha la fruta estaba en el rango óptimo de firmeza, entre 6 y 14 lb (Ojer *et al.*, 2011a), entre 27 y 64 N, como límite mínimo y máximo. Para el parámetro de firmeza sí existieron diferencias entre las fechas de cosecha (Figura 18).

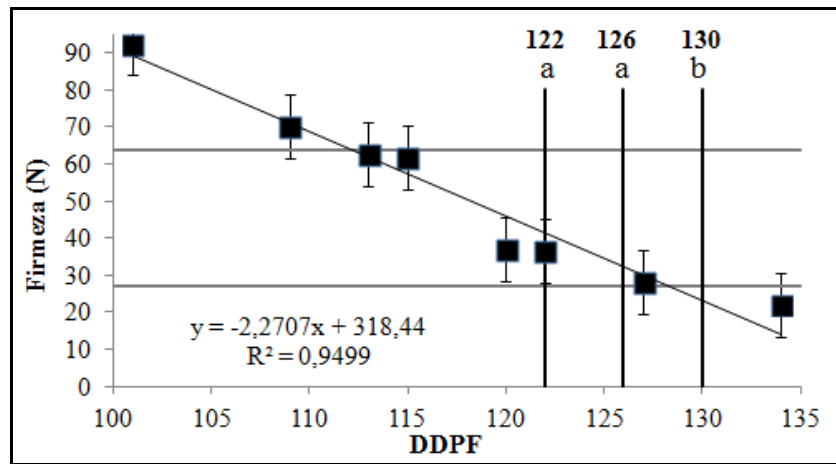


Figura 18. Evolución de la firmeza (N) para la variedad Bowen a partir de los 101 días después de plena flor.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Líneas horizontales representan límites mínimo y máximo del rango óptimo de firmeza. Líneas verticales representan las fechas de cosecha. Las barras corresponden al error estadístico.

En la variedad Kakamas, la firmeza, se inicial fue 88,8 N, a los 126 días después de plena flor, y alcanzó 37,3 N a los 168 DDPF. Las fechas de cosecha se realizaron a los 155, 159 y 163 DDPF respectivamente, con firmeza de 57,1; 49,3 y 47,2 N, cuyas diferencias son estadísticamente significativas; todas las fechas se encontraron en el rango óptimo de firmeza de pulpa para su uso. Se observó diferencia significativa entre la firmeza de las fechas de cosecha (Figura 19).

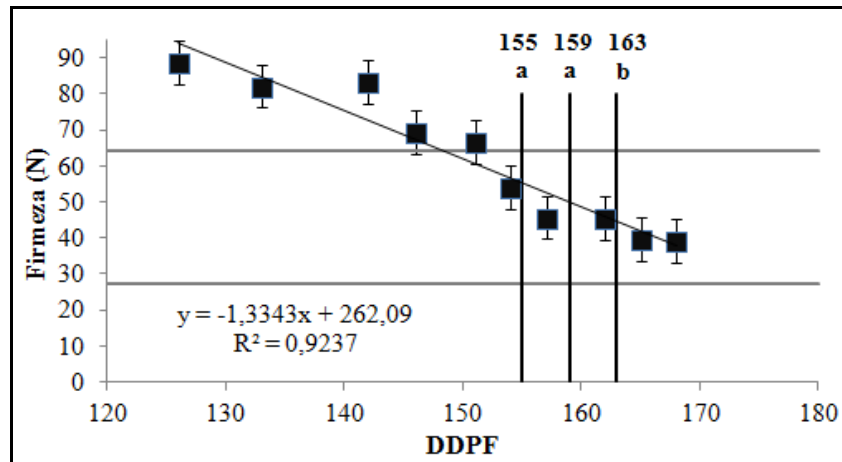


Figura 19. Evolución de la firmeza (N) para la variedad Kakamas a partir de los 126 días después de plena flor

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Líneas horizontales representan límites mínimo y máximo del rango óptimo de firmeza. Líneas verticales representan las fechas de cosecha. Las barras corresponden al error estadístico.

Para la variedad Bowen, la evolución de la firmeza respondió a un comportamiento lineal negativo, expresado como $y = -2,2707x + 318,44$. En cambio en 'Kakamas', la firmeza fue estable los primeros 20 días de evaluación, comenzando a disminuir a partir de los 140 DDPF. Para identificar el quiebre en la evolución de la firmeza se realizó una regresión no lineal segmentada en dos tramos, en donde se determinó que a partir del día 142 la firmeza disminuye, respondiendo a: $y = 163,12 - 0,6x$. Si $x \geq 142$, en el primer tramo; $y = -0,6 * 142 - 1,69(x - 142)$. Si $x \geq 142$, en el segundo tramo (Figura 20).

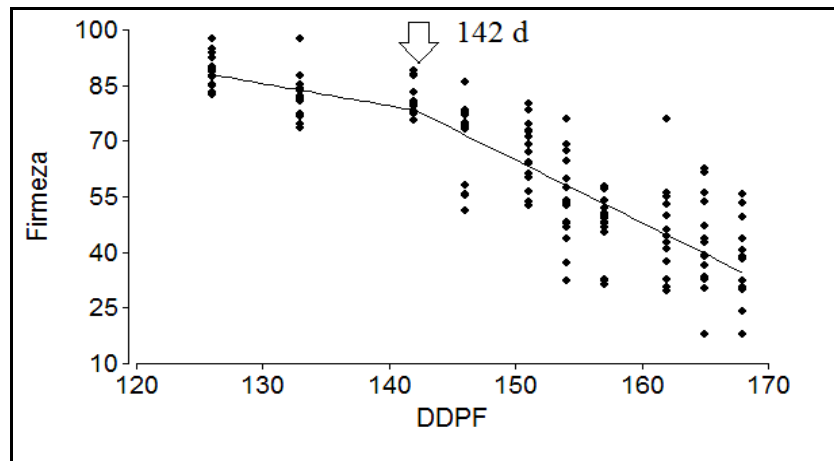


Figura 20. Evolución de la firmeza, expresada como regresión de dos tramos en la variedad Kakamas

Flecha indica el día en que ocurre el quiebre en la evolución de la firmeza.

En relación a la velocidad de ablandamiento en el rango de firmeza óptimo, para la variedad Bowen fue de $2,26 \text{ N d}^{-1}$ y para la variedad Kakamas fue de $1,69 \text{ N d}^{-1}$; esto significa que se tiene un período de cosecha de 16 días para 'Bowen' y 22 días para 'Kakamas', antes de que la firmeza disminuya del rango mínimo exigido. Considerando la firmeza, para la variedad Bowen se determinó que entre 112 y 128 DDPF se cumple con el rango óptimo para la agroindustria. Durante este período la ganancia de peso (estimado a partir del diámetro) corresponde a 36% ($4,1 \text{ g d}^{-1}$). En el caso de la variedad Kakamas, el período en donde la firmeza es óptima corresponde a 148 DDPF y 176 DDPF, con una ganancia de peso (estimado a partir del diámetro) de 24% ($2,0 \text{ g d}^{-1}$).

Índice de absorbancia de clorofila

La evolución del I_{AD} en los frutos de la variedad Bowen (Figura 21), la evolución del I_{AD} se inició con un promedio de 1,96, a los 101 días después de plena flor, y finalizó a los 134 DDPF con un promedio de 0,30; las fechas de cosecha identificadas se realizaron con promedios de 0,58; 0,45 y 0,33. Existieron diferencias significativas en I_{AD} entre las fechas de cosecha, distinguiéndose sólo la primera, a los 122 DDPF, de la última, a los 130 DDPF.

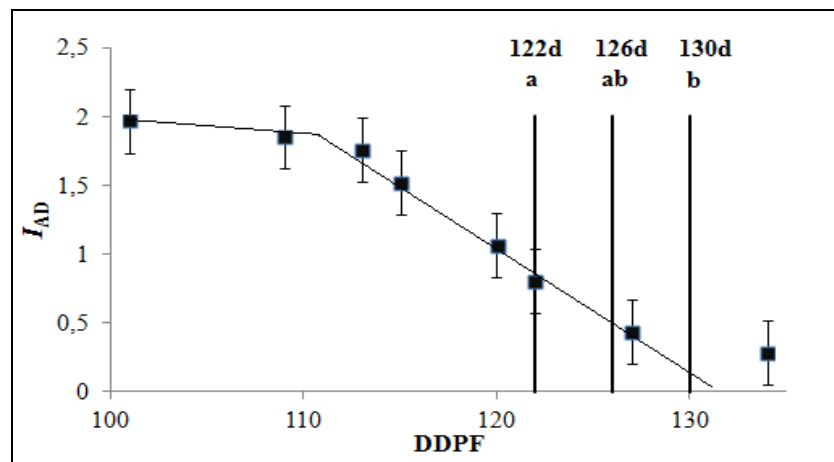


Figura 21. Evolución del índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) para la variedad Bowen partiendo de los 101 días después de plena flor.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Líneas verticales representan las fechas de cosecha. Las barras corresponden al error estadístico.

La evolución del I_{AD} en los frutos para la variedad Kakamas, se inició en 2,12, a los 126 días después de plena flor; los tratamientos de cosecha se realizaron con promedios de 1,80; 1,61 y 1,62 para los 155 159 y 163 DDPF (Figura 22), y existieron diferencias entre la primera fecha y las dos fechas restantes.

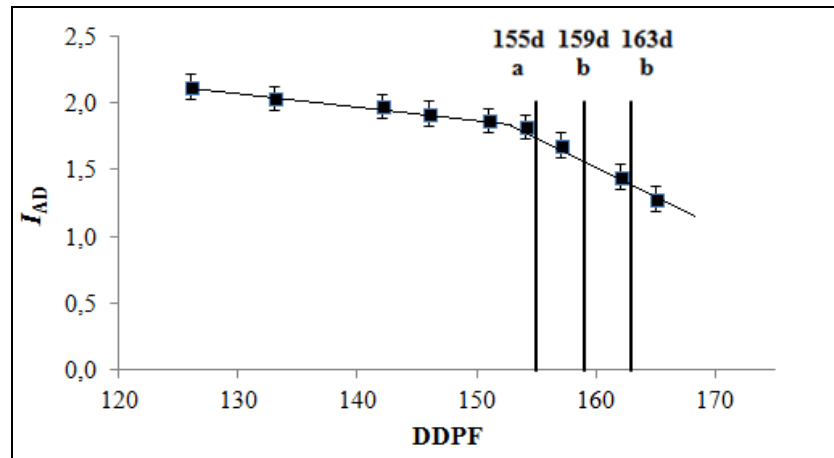


Figura 22. Evolución del índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) para la variedad Kakamas a partir de los 126 días después de plena flor.

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Líneas verticales representan las fechas de cosecha. Las barras corresponden al error estadístico.

Relación entre el I_{AD} y la firmeza de la pulpa

Según Crisosto *et al.* (2007), existe una fuerte correlación entre la degradación de la clorofila y la maduración. De este mismo modo, Luvie *et al.* (2013) establece que la asociación entre la firmeza de la pulpa y el I_{AD} y confirma la existencia de una sincronización entre la degradación de la clorofila y el ablandamiento del fruto.

En la variedad Kakamas, la relación entre el índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) medido en campo y la firmeza tiene un $R = 0,63$, con un comportamiento exponencial de los puntos y concentrados entre 1,5 y 2,0 de I_{AD} (Figura 23).

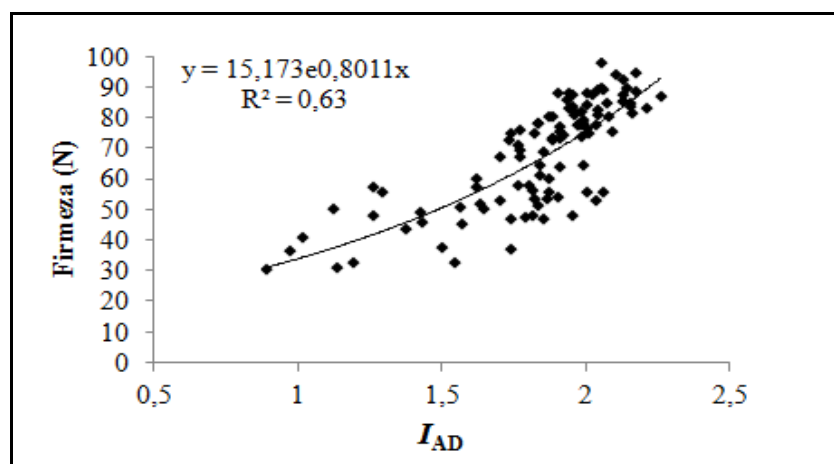


Figura 23. Relación entre el índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) y la firmeza en la variedad Kakamas.

Para la variedad Bowen, la relación entre la firmeza y el I_{AD} está altamente asociado, con un $R^2 = 0,80$. Este mayor grado de asociación permitiría estimar valores de firmeza midiendo el I_{AD} en campo (Figura 24). El comportamiento de los valores responde a una curva exponencial, donde los puntos están distribuidos entre los valores de 0 y 2,2 aproximadamente.

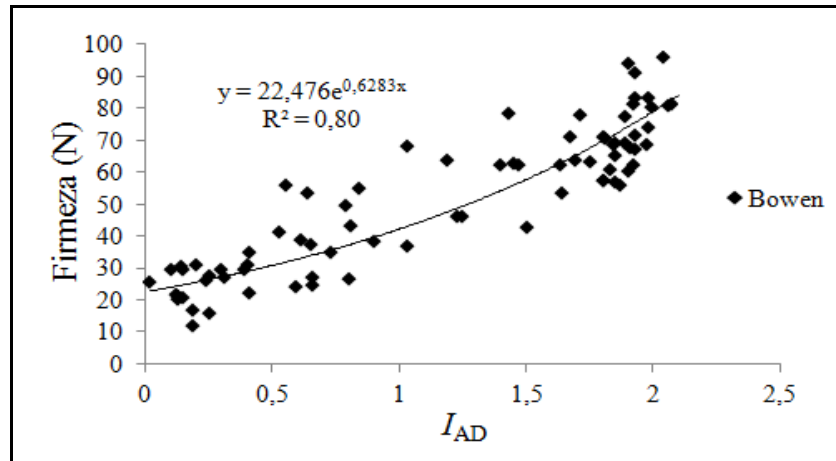


Figura 24. Relación entre el índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) y la firmeza en la variedad Bowen.

Parámetros de calidad

En relación al tamaño del fruto, en 'Bowen' hubo diferencias significativas entre los tratamientos, existiendo un aumento de peso promedio en 14% en la fruta cosechada a los 130 días con respecto a los 122 DDPF. Las diferencias entre el diámetro ecuatorial y fueron significativas entre los tratamientos, en un 6% y 7%, respectivamente (Cuadro 12). En el caso de la concentración de sólidos solubles (CSS), hue de la pulpa (Cuadro 13) y diámetro polar, no hubo diferencias entre cosechas.

Cuadro 12. Tamaño del fruto en diferentes expresiones para distintas fechas de cosecha en variedad Bowen.

Fecha de cosecha	Peso		D. Polar		D. Ecuatorial		D.Sutural	
DDPF	---g---		------(mm)-----					
122	164,9±30,1	a	66,7±4,8	a	67,0±5,0	a	67,3±4,6	a
126	187,4±28,0	b	67,9±4,4	a	70,8±4,3	b	71,0±3,8	b
130	187,8±28,6	b	67,3±3,8	a	71,4±4,6	b	72,0±4,8	b

Cuadro 13. Características de madurez para diferentes fechas de cosecha en variedad Bowen

Fecha de cosecha	Acidez		CSS		Hue pulpa		Hue piel	
DDPF	---%---		---°Brix---		-----h°-----			
122	0,04±0,003	b	8,3±1,2	a	80,0±4,3	a	81,9±10,2	b
126	0,04±0,002	a	8,2±1,6	a	79,2±2,5	a	79,3±6,1	b
130	0,03±0,004	a	8,3±1,2	a	78,6±2,4	a	73,0±6,9	a

Cuadro 14. Tamaño del fruto en diferentes expresiones para distintas fechas de cosecha en variedad Kakamas.

Fecha de cosecha	Peso		D. Polar		D. Ecuatorial		D.Sutural	
DDPF	---(g)---		------(mm)-----					
155	154,4±24,0	a	61,7±3,7	a	65,7±4,0	a	66,2±3,6	a
159	162,0±31,9	a	62,2±3,7	a	66,9±5,4	a	66,8±4,0	a
163	164,7±23,8	a	62,4±5,0	a	66,0±4,1	a	65,5±4,5	a

Cuadro 15. Características de madurez para diferentes fechas de cosecha en variedad Bowen

Fecha de cosecha	Acidez		CSS		Hue pulpa		Hue piel	
DDPF	---%---		---°Brix---		-----h°-----			
155	0,07±0,01	a	10,4±1,7	a	83,5±7,6	b	99,6±5,5	b
159	0,06±0,01	a	10,9±1,5	a	73,5±5,2	a	93,2±6,0	a
163	0,06±0,01	b	10,9±1,6	a	76,9±7,4	a	93,4±6,8	a

En 'Kakamas', no hubo diferencias en los parámetros relacionados con el tamaño de fruto, como son peso promedio y diámetros ecuatorial, polar y sutural (Cuadro 14) entre las fechas cosecha. Sin embargo, los parámetros relacionados con el color si se diferenciaron, teniendo mayores valores de hue de pulpa y piel la cosecha realizada a los 155 DDPF (Cuadro15).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede concluir que, para las variedades Bowen y Kakamas:

El ASTT no refleja el tamaño del árbol.

La carga frutal posee una relación positiva con la productividad y negativa con el peso promedio de fruto, independiente de cómo se exprese la carga.

Mientras la carga frutal aumenta, la proporción de precalibre es mayor y la de sobrecalibre menor.

A un mismo rango de carga frutal, 'Bowen' tiene una mayor productividad, expresada como $\text{kg/m}^2 \text{PAR}_i$, y un mayor peso promedio de fruto que 'Kakamas'.

La tasa de ablandamiento en 'Bowen' es más rápida que en 'Kakamas', siendo $2,3 \text{ N d}^{-1}$ y $1,7 \text{ N d}^{-1}$ respectivamente.

'Kakamas' aumentaría un 8% el peso promedio de fruto posterior a la fecha de cosecha más tardía, manteniendo la firmeza en el rango óptimo. En 'Bowen', la cosecha tardía aumentaría un 15%, la firmeza no cumpliría con las exigencias de calidad de la agroindustria.

'Bowen' tarda 16 días en disminuir su firmeza desde el rango máximo (64 N) hasta el mínimo exigido por la agroindustria (27 N); 'Kakamas' tarda 22 días.

La evolución del I_{AD} en el tiempo tiene un punto de quiebre en 111 y 154 DDPF para las variedades 'Bowen' y 'Kakamas' respectivamente, a partir del cual aumenta la tasa de cambi.

La tasa de ganancia diaria en el peso del fruto, en el rango de firmeza de cosecha es $4,1 \text{ g d}^{-1}$ para 'Bowen'; en 'Kakamas' es 2 g d^{-1} .

El I_{AD} evaluado con DA meter se correlaciona linealmente con la firmeza de la pulpa para ambas variedades, siendo mayor esta relación en 'Bowen' ($R^2 = 0,80$) que en 'Kakamas' ($R^2 = 0,63$).

BIBLIOGRAFÍA

Altube, H.; C. Budde; M. Ontivero and R. Rivata. 2001. Determination of the harvest indexes in peach trees cvs. Flordaking and San Pedro 16 – 33. *Agricultura Técnica*, 61(2):140-150.

Asesorías Agrícolas y Agroindustriales Limitada (ASAGRIN). 2007. Carozos industriales Región de O'Higgins. Instituto de Desarrollo Agropecuario. [En línea]. Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Chile. 45p. Recuperado en: < http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-porrubro2007/ohiggins/CarozosIndustrialesVIR_EstrategiasRegionalesXRubro.pdf>. Consultado el: 25 de Julio 2013.

Calandra, P.; D. Ortiz; G. Pozo y B. Noziglia. 2012. Manual para la redacción de referencias bibliográficas. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 84p.

Centro de Información de Recursos Naturales. 2004. Visión Frutícola de Chile: superficie, producción e infraestructura. Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago de Chile. 225p.

Crisosto, C. H; C. Valero; D. Slaughter. 2007. Predicting pitting damage during processing in californian clingstone peaches using color and firmness measurements. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 23 (2): 189 – 194.

Escobar C. 2008. Efecto de la carga frutal sobre el crecimiento vegetativo, productividad y tamaño de fruto en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) var. Friar. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias mención producción frutícola. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 56p.

Ferreira, R; G. Selles; G. Lemus . 2002. Effect of water stress during fruit growth phase II of peach trees cv. Kakamas on yield and tree water status. *Agricultura Técnica*, 62(4): 565 – 573p.

Iannini, C; B. Cirillo; B. Baile and M. Frolani. 2000. Estimation of nectarine yield efficiency and light interception by the canopy in different training systems. *Acta Horticulturae*, 592: 357 – 365

Jorquera, N. 2012. Evaluación de la intensidad de raleo sobre la productividad y calidad de fruto en variedad de durazno conservero. Memoria Ingeniero Agrónomo. Mención Fruticultura. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas Santiago, Universidad de Chile. 42p

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

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2012. Superficie plantada con frutales a nivel nacional y por región: estadística por rubro. [En Línea]. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Santiago, Chile. Recuperado en :<<http://www.odepa.cl/articulos/MostrarDetalle.action;jsessionid=6E38771F113BEA0972B87C1776A813F4?idcla=12&idn=1737> > Consultado el: 10 de Agosto de 2012.

Ojer M.; G. Reginato; C. Arjona; D. Cantu y P. Minatelli. 1996. Determinación de la capacidad de carga frutal, en un huerto de durazneros cvs. Bowen y Andross. *Investigación Agrícola (Chile)*, 16 (1 – 2): 1 – 7

Ojer M.; G. Reginato y C. Arjona. 2001. Incidencia de la carga inicial de frutos sobre la producción y la calidad de frutos en duraznero cv. Bowen. *Investigación Agrícola* 16(1): 25- 35.

Ojer, M. y G. Reginato. 2002. Efectos de la carga frutal en durazneros. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cuyo*, 34(1):39 – 46.

Ojer, M.; G. Reginato y F. Vallejos. 2009. Manejo de la carga frutal y productividad de duraznos conserveros. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Cuyo*, XLI (1): 65 – 76

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

Ojer, M.; F. Vallejos y G. Reginato 2011a. Variedades: 31-42p. En: Ojer, Miguel. *Producción de duraznos para industria. Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad de Cuyo. Mendoza. Argentina.*

Ojer, M.; K. Mesa y G. Reginato. 2011b. Desarrollo del árbol y crecimiento del fruto: 73 – 78p. En: Ojer, Miguel. *Producción de duraznos para industria. Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad de Cuyo. Mendoza. Argentina.*

Ojer, M.; F. Vallejos; G. Reginato y A. Boulet. 2011c. Poda de formación y producción: 79-101p. En: Ojer, Miguel. *Producción de duraznos para industria. Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad de Cuyo. Mendoza. Argentina.*

Ojer, M y G. Reginato. 2011. Raleo de frutos: 103-119p. En: Ojer, Miguel. *Producción de duraznos para industria. Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad de Cuyo. Mendoza. Argentina.*

Pereira, J. C. 1989. Caracterización fenológica y fenotípica del árbol y fruto de 23 cultivares de duraznero conservero. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 61p.

Reginato R, G. 2008. Productividad en duraznos conserveros. En: Simposio Internacional de Durazno Industrial. Mendoza, Argentina Septiembre, 2008. Mendoza, Argentina.

Reginato, G; V. García de Cortázar y T. Robinson. 2007a. Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest season as a function of crop load. HortScience, 42(2): 239 – 245

Reginato, G.; V. García de Cortázar.; T. Robinson and J. Varela. 2007b. Crop load expressed in terms of intercepted photosynthetically-active radiation can be used as a covariate to compare peach tree performance. Journal HortScience & Biotechnology, 82(5):715 – 720.

Reginato, G. y J. Camus. 1993. Efecto de la fecha e intensidad de raleo sobre la producción y crecimiento del duraznero cv. Angelus. Investigación Agrícola, 13(1 – 2): 1-8

Robinson, T and A. Lakso. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. Journal American Society Horticulture Science, 116 (2):188 – 194

Verdugo, A. 2011. Productividad agroindustrial de duraznos conserveros de media estación en función de la intensidad de raleo. Mención Fruticultura. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas Santiago, Universidad de Chile. 30p

APÉNDICE

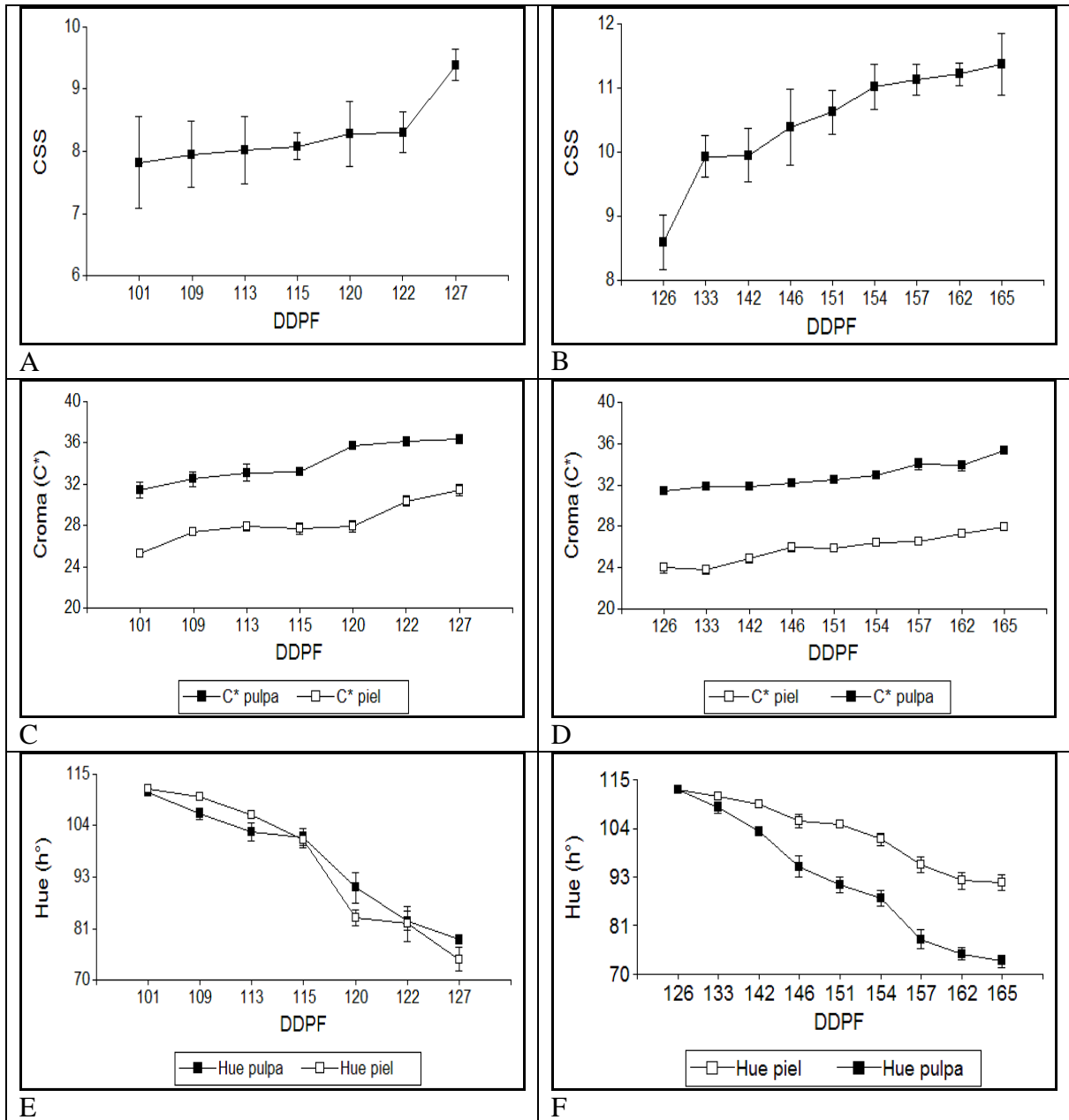


Figura 1. Evolución del color de fondo (C^* y h°) y la concentración de sólidos solubles (CSS), medidos en laboratorio para ‘Bowen’ y ‘Kakamas’.

Las figuras A, C y E corresponden a CSS, Cromo (C^*) y Hue (h°) para la variedad Bowen. Las figuras B, D y F corresponden a CSS, Cromo (C^*) y Hue (h°) para la variedad Kakamas.