

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DE LA CARGA FRUTAL Y LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD Y TAMAÑO DEL FRUTO EN DAMASCOS ‘PATTERSON’,
‘CASTLEBRITE’, ‘ROBADA’ Y ‘SUPERCOT’**

EDUARDO MARCELO ROJAS ROJAS

Santiago, chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA CARGA FRUTAL Y LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD Y TAMAÑO DEL FRUTO EN DAMASCOS 'PATTERSON',
'CASTLEBRITE', 'ROBADA' Y 'SUPERCOT'**

**CROP LOAD AND PAR INTERCEPTION EFFECTS ON YIELD AND FRUIT
SIZE IN 'PATTERSON', 'CASTLEBRITE', 'ROBADA' AND 'SUPERCOT'
APRICOT TREES**

EDUARDO MARCELO ROJAS ROJAS

Santiago, Chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DE LA CARGA FRUTAL Y LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD Y TAMAÑO DEL FRUTO EN DAMASCOS ‘PATTERSON’,
‘CASTLEBRITE’, ‘ROBADA’ Y ‘SUPERCOT’**

**Tesis para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

Mención: Fruticultura

EDUARDO MARCELO ROJAS ROJAS

Profesores Guías	Calificaciones
Sr. Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo Mg. Sc.	6,5
Sr. Rodrigo Infante E. Ingeniero. Agrónomo Dr.	6,2
Profesores Evaluadores	
Sr. Víctor García de Cortazar Ingeniero. Agrónomo Dr.	6,5
Sr. Marcos Mora G. Ingeniero Agrónomo Dr.	6,4

Santiago, Chile
2011

INDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODO	9
Tratamientos	9
Evaluaciones	10
Diseño experimental y análisis	11
PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	12
Tamaño del árbol	12
Interceptación solar durante la temporada	12
Luminosidad bajo la cubierta vegetal	13
Carga frutal y productividad	15
Tamaño de fruto	21
Distribución de calibres por variedad	21
Carga frutal, tamaño de fruto y eficiencia productiva	25
Valor de la producción	26
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFIA	31
APÉNDICE	33

RESUMEN

Se realizaron ensayos en cuatro variedades de damasco (Castlebrite, Patterson, Robada y Supercot), para evaluar el efecto de la radiación solar interceptada y la carga frutal sobre la productividad y el tamaño de fruto, en huertos ubicados en la Región Metropolitana y Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

En cada huerto se escogieron 12 árboles al azar y se ralearon manualmente al inicio de endurecimiento de carozo, generando un amplio rango de carga frutal. Se evaluó la fracción de radiación interceptada (PAR_i) tres veces durante la temporada, y al momento de cosecha. La carga frutal fue normalizada de acuerdo al tamaño del árbol, evaluado como área de sección transversal de tronco (ASTT), área de sección transversal de ramas (ASTR) o fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada ($fPAR_i$). Dado que el marco de plantación en las distintas variedades era diferente, se expresó la carga frutal como frutos/m² o frutos/m² $fPAR_i$ (referido a los m² asignados al huerto en cuestión).

En la cosecha se evaluó la producción total, considerando el número de frutos, peso individual de todos los frutos de cada árbol, y kilos producidos de cada calibre comercial. Se obtuvo los precios pagados por calibres de la empresa exportadora Lepas Ltda., y se determinó el valor de la producción

Para cada variedad se determinó la relación entre carga frutal y tamaño de fruto y productividad, mediante análisis de regresión.

Usando la carga frutal (frutos/m² $fPAR_i$) como covariable, se compararon las 4 variedades de damasco respecto del tamaño de frutos y la productividad. La variedad Robada presentó el mayor tamaño de fruto, y la mayor productividad.

El valor de la producción (VP), normalizada por $fPAR$ interceptado muestra que las variedades Robada y Supercot presentaron mayor valor de la producción, en US\$/ha, a iguales niveles de carga frutal, que Castlebrite y Patterson.

Palabras clave: Fracción de radiación solar interceptada ($fPAR_i$), carga frutal, área de sección transversal de ramas (ASTR), área sección transversal de tronco (ASTT), valor de la producción (VP).

ABSTRACT

In order to assess the effect of intercepted solar radiation and crop load on yield and fruit size field experiments were conducted in four apricot varieties – Castlebrite, Patterson, Robada and Supercot in orchards located in Region Metropolitana and Region Libertador Bernardo O’higgins..

For each orchard, 12 trees were randomly selected and hand-thinned at the beginning of pit hardening to a wide range of crop load. Photosynthetically active radiation intercepted by the trees (PAR_i) was evaluated three times during the season and at harvest time. Crop load was normalized by tree size, assessed as TCSA , BCSA or $fPAR_i$. Since the planting distance was different for each variety, crop load was expressed as fruits/m² or fruits/m² $fPAR_i$ (referring to the m² assigned to the orchard in trial).

At harvest, total yield was assessed considering fruit number, individual fruit weight for each tree and kilos produced for each commercial fruit size. Fruit price according to size was obtained by Lepas Ltda. export and crop value was determined.

For each variety the relationship among fruit load and fruit size and yield was determined by regression analysis.

Using crop load (fruit/m² $fPAR_i$) as a covariate, apricot varieties were compared for fruit size and yield. Robada showed highest fruit size and yield.

Crop value, normalized for PAR_i , shows that Robada and Supercot presented highest production value in US\$/ha with the same crop load than Castlebrite and Paterson.

Keywords: Photosynthetically active radiation intercepted(PAR_i), trunk cross sectional area (TCSA), branches cross sectional area (BCSA), crop load, crop value.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la fruticultura en Chile ha presentado una serie de cambios en las técnicas de cultivo y poscosecha de la fruta, tendientes a aumentar la productividad de las plantaciones y la calidad de los productos, con el fin de poder competir en el mercado externo (Román, 2004). La calidad del fruto queda determinada en el huerto y ésta se mantiene a lo largo de la cadena de comercialización; de ahí que los factores de producción son básicos para la obtención de un producto de calidad (Ruíz y Valero, 2000).

La interceptación de radiación solar (IRS), específicamente de la radiación fotosintéticamente activa, por parte de los huertos frutales constituye la base del potencial total de materia seca y de la productividad frutal (Wagenmarkers y Callesen, 1989). Debido a lo anterior, la producción está generalmente correlacionada con la cantidad total de luz solar interceptada, pero, debido a los efectos de emboscamiento y sombreadamiento, normalmente las producciones óptimas en manzana se alcanzan a una interceptación de entre 60% y 70%, aproximadamente (Wünsche y Lakso, 2000). Además, una buena distribución de luz en la copa y una alta interceptación por ella producen altos rendimientos y alta calidad de fruta (Robinson y Lakso, 1991).

Siendo el tamaño del fruto la característica más importante, y la que determina el precio de éste, es necesario implementar técnicas de manejo en el huerto que permitan elevar la calidad del producto y aumentar tanto el calibre como el volumen de producción, para así maximizar el ingreso por unidad de superficie (Reginato, 1996).

La práctica fundamental para alcanzar un tamaño de fruta óptimo en especies frutales de carozo, especialmente en variedades de maduración temprana, es el raleo de fruto, pudiendo, según Faust (1989), tener diferentes propósitos en las distintas especies frutales. Es por ello que el raleo de un huerto frutal se convierte, entonces, en una de las labores más importantes para obtener una óptima rentabilidad (Southwick *et al.*, 1995), pues a través de éste se regula el tamaño del fruto y se obtiene el volumen de producción por unidad de superficie, otro factor esencial que determina el ingreso del huerto (Reginato, 1989). Según Reginato (1996), los efectos de la intensidad de raleo son ampliamente conocidos, pero no cuantificados. Por ejemplo, al dejar mayor carga el tamaño del fruto es más pequeño, pero se logra mayor producción. Por ello, aún falta encontrar respuestas a preguntas como: ¿Cuánta fruta se puede dejar y aún obtener un tamaño comercial?; ¿Cuánto ralear para obtener un determinado tamaño de fruto?; ¿Es conveniente producir fruta de menor calibre y precio, pero mayor volumen? Debido a esto, es importante, además, saber cuál es la relación entre los calibres obtenidos y el precio de éstos.

Respecto a otros efectos del raleo, Varela (2007) indica que a menor carga frutal se produce un adelanto en la maduración del fruto, y Reginato y Camus (1993) observaron, también en duraznos, adelanto en la madurez con tratamientos de raleo temprano.

La carga frutal, generalmente se ha expresado como número de frutos/árbol, lo que resulta de utilidad sólo para una situación en particular, pero no para comparar diferentes situaciones; en este caso, puede ser más útil expresarla en función del área de sección transversal de tronco y rama (frutos /cm² ASTT o ASTR) (Reginato 1996) ó como fruto por fracción de *PAR* interceptado, unidad descrita recientemente, y que evita diferencias ocasionadas por intervenciones de poda, donde el ASTT no necesariamente refleja el tamaño del árbol (Reginato *et al.*, 2007a).

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la carga frutal y la radiación solar interceptada sobre la productividad y tamaño del fruto en las variedades de damasco: Patterson, Castlebrite, Robada y Supercot.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El estudio se realizó en la temporada 2007 - 2008 en las variedades de damasco (*Prunus armeniaca* L.) Castlebrite, Patterson, Robada y Supercot.

Las variedades Castlebrite y Patterson se encontraron en el Fundo Punta del Este, de Agrícola SAPEL Ltda. en la Comuna de Linderos, Región Metropolitana. Los árboles de 'Castlebrite', establecidos el año 1995, se encuentran a una distancia de 2,5 x 4 m, conducidos en ípsilon longitudinal y regados por microaspersión. En el caso de 'Patterson', fueron establecidos el año 1982, en un marco de plantación de 5 x 5 m, conducidos en copa abierta y regados con riego californiano.

La variedad Robada se encuentra en Univiveros, Paine, Región Metropolitana. Los árboles fueron plantados el año 2005 a una distancia de 2 x 4 m, conducidos en ípsilon transversal y regados por goteo. La variedad Supercot se encuentra en la localidad de El Tambo, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, su marco de plantación es de 2 x 4 m y está conducida en ípsilon trasversal, regada por goteo, y fue establecida el año 2005.

Tratamientos

Se eligieron 12 árboles por variedad y se establecieron 6 tratamientos de intensidad de raleo con 2 repeticiones cada uno; la intensidad de raleo se determinó como distancia entre frutos (Cuadro 1). El raleo se realizó en forma manual, a inicios de endurecimiento del carozo: 'Castlebrite' se raleó el 25 de septiembre; 'Patterson' entre 28 de septiembre y 1 de octubre; y 'Robada' y 'Supercot' el 2 de octubre.

Cuadro 1. Intensidad de raleo en los distintos tratamientos de raleo usados en variedades estudiadas.

Tratamiento	Intensidad de raleo (cm entre frutos)	
	Supercot/Robada	Patterson/Castlebrite
1	5	10
2	10	15
3	15	20
4	20	25
5	25	30
6	30	35

Evaluaciones

Tamaño del árbol. Se midió el perímetro del tronco a 20 cm del suelo y el perímetro de las ramas madres a 5 cm de la inserción de la rama con el tronco; con estos valores se calculó el área de sección transversal de tronco y ramas (ASTT y ASTR), lo que se utilizó para normalizar la carga frutal.

Desarrollo de la copa. El desarrollo de la copa se describió a través de la radiación solar interceptada por el árbol, la que fue medida en diferentes fechas a partir del 9 de octubre en la variedad Castlebrite; en Supercot y Robada desde el 26 de octubre y 30 de octubre, respectivamente; y Patterson a partir del 2 de noviembre. La última medición se realizó en el momento de la primera cosecha de cada variedad. Los sensores utilizados fueron: una barra AccuPAR LP 80 (Decagon Devices, Inc. Wa, EE.UU.), que posee un largo de 80 cm y 64 sensores; y la barra Sunscan (Delta T Devices, RU). Se midió la radiación no interceptada (PAR_{ni}) bajo la cubierta vegetal del árbol, en toda la superficie asignada a cada árbol, a 20 cm de la superficie del suelo; en cada fecha de medición se midió tres veces al día (al mediodía solar, 2 horas antes o después del medio día solar y 4 horas antes o después de éste). Para cada intervalo de medición de PAR_{ni} se realizó una medición de PAR incidente (PAR_0), en una zona del huerto libre de sombra.

La radiación fotosintéticamente activa interceptada por la cubierta vegetal (PAR_i) se determinó (1) por diferencia entre la radiación incidente (PAR_0) y la radiación no interceptada por el árbol (PAR_{ni}),

$$PAR_i = PAR_0 - PAR_{ni} \quad (1)$$

y se expresó como la fracción de PAR interceptado (2).

$$fPAR_i = PAR_i / PAR_0 \quad (2)$$

Producción. En la cosecha se evaluó la producción total, considerando el número y peso individual, de todos los frutos de cada árbol, y su peso en 'Castlebrite', 'Robada', 'Patterson' y 'Supercot'. La cosecha se realizó por color de fondo del fruto, y se inició cuando cumplió con los estándares de exportación, correspondiente a amarillo naranja.

La primera cosecha se realizó el 21 de noviembre en la variedad Castlebrite y el 23 de noviembre en Robada; los floreos restantes se realizaron el 26 de noviembre, 28 de noviembre y el 4 de diciembre, para ambas variedades. Supercot se cosechó el 7 y 10 de diciembre, en dos floreos. Finalmente, Patterson se cosechó con dos floreos, el 14 y 17 de diciembre.

La producción se expresó en función del árbol, como kg por árbol, y la eficiencia productiva se expresó en función del área de sección transversal de troncos y ramas y por PAR interceptado, expresándola como kg/cm^2 de ASTT, kg/cm^2 de ASTR y $kg/fPAR_i$, respectivamente. El tamaño medio del fruto se expresó en gramos.

En cada unidad se efectuó un muestreo aleatorio de 50 frutos por árbol, a los que se les determinó, individualmente, sus diámetros transversal, longitudinal, ecuatorial y el peso del fruto. Con estos datos se obtuvo relaciones para estimar el peso del fruto a partir de los diámetros.

Para cada variedad, y en cada floreo durante el período de cosecha, los frutos de cada árbol se clasificaron según su peso, en las categorías de calibre comercial indicadas en el Cuadro 2, con su respectivo valor para la temporada en estudio.

Cuadro 2. Rango de peso para la separación de los frutos en calibres comerciales de damasco, y precio esperado.

Calibre	Peso de fruto	Precio (2007-2008)
n° de frutos/caja de 6,0 kg	(g)	US\$/kg
>60	≥ 107	2,18
60	<107 y ≥ 100	2,23
66	<100 y ≥ 91	2,46
72	<91 y ≥ 83	2,21
78	<83 y ≥ 77	2,20
84	<77 y ≥ 71	2,13
90	<71 y ≥ 66	0,96
98	<66 y ≥ 61	0,95
108	<61 y ≥ 56	0,95
<108	<56	0,95

Valor de la Producción. El valor de la producción de cada árbol se calculó con el precio por calibre obtenido por la exportadora Lepas Ltda., y los kilos producidos de cada calibre en cada árbol. El valor de la producción se expresó por hectárea, optimizada al 75% de interceptación de *PAR*.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 6 tratamientos (6 intensidades de raleo) y 2 repeticiones de un árbol cada una. La unidad experimental fue el árbol.

Para describir las respuestas de las diferentes variedades a la carga frutal, en cuanto a producción, tamaño de fruto y valor del producto, los resultados se analizaron mediante modelos de regresión de carácter lineal y cuadrático vinculados a coeficientes de determinación (R^2). La carga frutal se usó como variable independiente.

PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tamaño del árbol

El tamaño del árbol, expresado en ASTT y ASTR, fue similar entre las variedades Robada y Supercot y menor que el de las otras variedades, reflejando las diferencias de edad. A su vez, la variedad Patterson presentó mayor ASTT y ASTR que Castlebrite. Sin embargo, al expresar el tamaño del árbol por fracción de PAR_i , no se aprecian diferencias significativas entre las variedades, demostrando la validez de caracterizar los árboles por su fracción de PAR interceptada, tal como lo señalan Reginato *et al.* (2007a).

Cuadro 3. Tamaño del árbol, en términos de ASTT, ASTR y PAR_i , en las cuatro variedades de damasco sometidos a estudio.

Variedad	Tamaño del árbol		
	ASTT	ASTR	$fPAR_i$
	cm ²	cm ²	
Supercot	53,5 a	58,0 a	0,47
Robada	77,9 a	88,3 a	0,51
Castlebrite	347,0 b	261,3 b	0,54
Patterson	922,6 c	887,4 c	0,61

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Fracción de PAR interceptada promedio de 3 mediciones durante la temporada.

Interceptación solar durante la temporada

Inicialmente, la fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada ($fPAR_i$) por los árboles fue alrededor un 0,44 para las variedades Castlebrite, Robada y Supercot y un 0,52 para Patterson. A la segunda fecha de medición, a fines noviembre, todas las variedades aumentaron su porcentaje de interceptación, debido en que en esta época es donde ocurre el mayor desarrollo de la copa antes de la madurez del fruto (Figura 1), alcanzando un valor similar al obtenido a la cosecha: un 0,62 en las variedades Patterson y Castlebrite; un 0,58 en Robada y un 51% en Supercot. La máxima interceptación de Patterson llegó a un 0,68; en Castlebrite a un 0,62; y en Robada a un 0,58, el 30 de noviembre; en Supercot las dos últimas mediciones se realizaron muy seguidas (5 días de diferencia), y alcanzaron alrededor del 0,50 de $fPAR_i$. Al respecto, Supercot se pudo tarde, a mediados de septiembre, lo que pudo determinar que los porcentajes interceptados fueran menores.

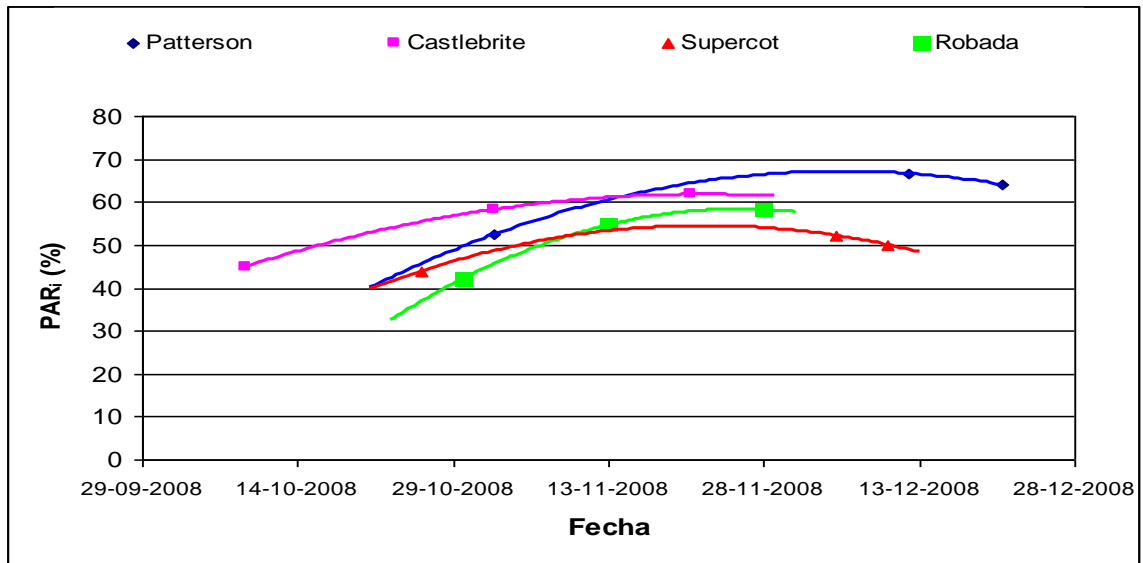


Figura 1. Interceptación solar de cuatro variedades de damasco durante la temporada

Luminosidad bajo la cubierta vegetal

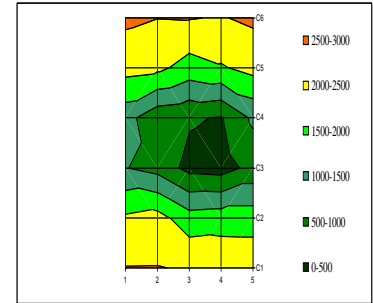
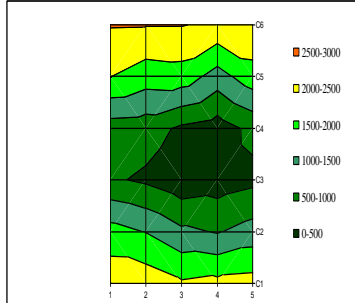
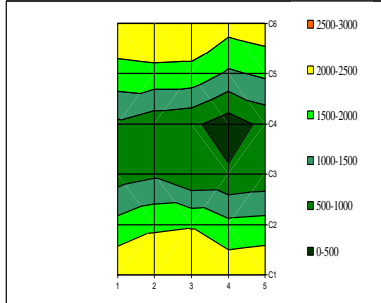
La luminosidad bajo la cubierta vegetal, evaluada como PAR_{mi} que llega a 20 cm del suelo, también deja en evidencia la evolución de la interceptación solar durante la temporada por parte de los árboles (Figura 2); se muestra la evolución durante la temporada de cada variedad, y el promedio de la radiación no interceptada de 12 árboles por cada variedad.

Robada

PAR_0 : 2081,9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 42%
30 de octubre

PAR_0 : 2501,6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 54%
13 de noviembre

PAR_0 : 2660,6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 58%
28 de noviembre

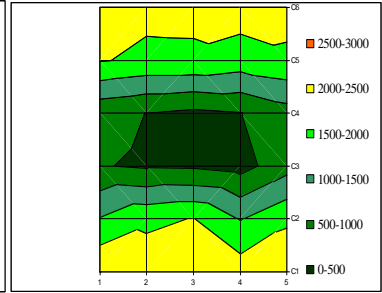
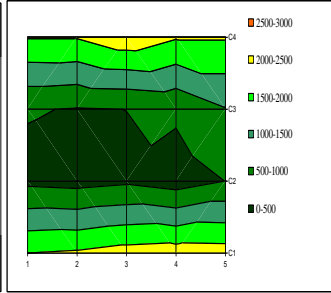
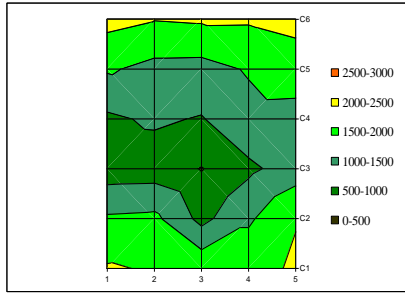


Castlebrite

PAR_0 : 2164,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 44%
9 de octubre

PAR_0 : 1844,3 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 58%
2 de noviembre

PAR_0 : 2727,4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 61%
24 de noviembre

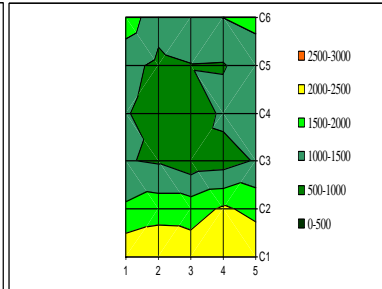
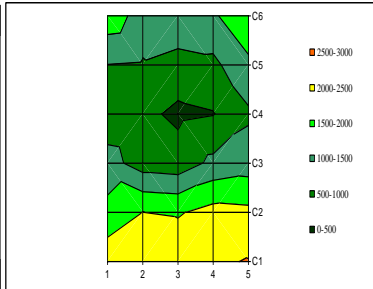
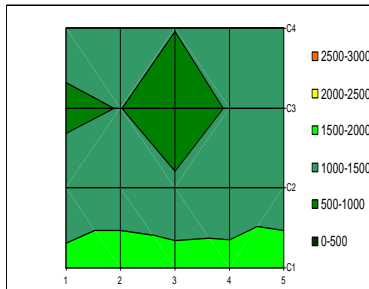


Supercot

PAR_0 : 1833,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 43%
26 de octubre

PAR_0 : 2619,4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 46%
5 de diciembre

PAR_0 : 2672,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Radiación interceptada: 52%
10 de diciembre



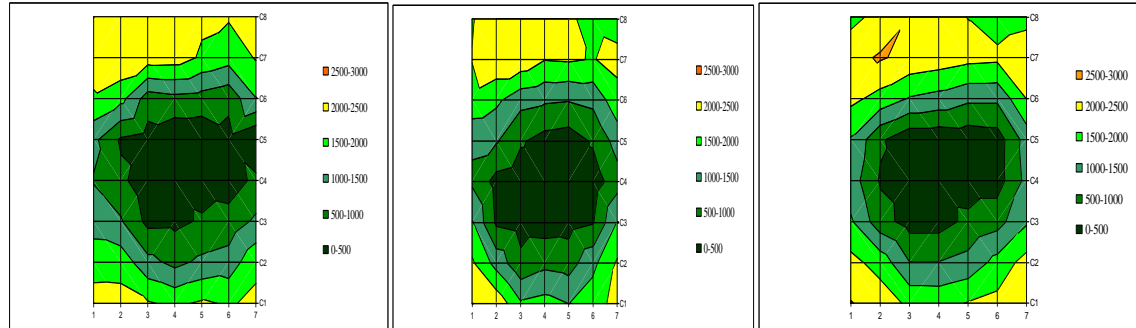
Patterson PAR_0 : 2444,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR_0 : 2719,4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR_0 : 2710,3 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ Radiación interceptado: 52%
2 de noviembreRadiación interceptada: 66%
12 de diciembreRadiación interceptada: 64%
21 de diciembre

Figura 2. Intensidad luminosa bajo los árboles de cuatro variedades de damasco durante la temporada.

Carga frutal y productividad

Las variedades Supercot y Robada presentaron la mayor carga frutal al expresarla como frutos/ cm^2 de ASTR, con diferencia significativa con la variedad Castlebrite; la variedad Patterson presentó una situación intermedia, sin diferencias con ninguna de las variedades. En el caso de expresar la carga como frutos/ cm^2 de ASTT, las variedades Supercot y Robada presentaron mayor carga que Castlebrite y Patterson. Por el contrario, para frutos/ m^2 y frutos/ m^2_{fPARi} , Patterson presentó la mayor carga frutal, con diferencias significativas sobre las demás variedades. Por esta razón, es que se expresó la carga frutal por m^2 (referido a los m^2 asignados a cada árbol del huerto en cuestión) o como frutos/ m^2_{fPARi} , tal como lo plantea Reginato *et al.* (2007a), pues la carga frutal normalizada por ASTT o ASTR no es un buen indicador cuando el árbol ha sido intervenido por poda, siendo mejor usar el PAR interceptado, normalizando, además, por el marco de plantación. (Reginato *et al.*, 2007b).

Cuadro 4. Carga frutal en diferentes variedades de damasco estudiados, expresada en distintas unidades.

Variedad	Carga frutal			
	nº frutos / m^2 *	nº frutos/ cm^2 ASTR	nº frutos/ cm^2 ASTT	frutos/ m^2_{fPARi}
Supercot	14,30 a	1,98 b	2,23 b	28,60 a
Castlebrite	24,23 a	0,97 a	0,71 a	39,14 a
Robada	24,03 a	2,17 b	2,42 b	40,78 a
Patterson	53,96 b	1,50 ab	1,43 a	85,48 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

*Referido a los m^2 asignados a cada árbol del huerto, de acuerdo a la distancia de plantación.

En relación a productividad, 'Supercot' presentó la menor producción en kg/m^2 ; diferente de 'Robada' y 'Patterson'. Tanto en términos de kg/cm^2 ASTR y kg/cm^2 ASTT, 'Robada' y 'Supercot' obtuvieron la mayor eficiencia productiva, presentando diferencia con 'Patterson' y 'Castlebrite'. Ahora, al observar la productividad como kg/m^2_{fPARi} , la variedad Patterson presenta la mayor productividad, diferente de las demás variedades, aunque no significativamente diferente con Robada, reflejando, en parte, las diferencias en carga frutal, al menos con Patterson, el más cargado.

Cuadro 5. Productividad en las diferentes variedades de damasco expresada en distintas unidades.

Variedad	Eficiencia Productiva			
	Producción Kg/m^2^*	kg/cm^2 ASTR	kg/cm^2 ASTT	Kg/m^2_{fPARi}
Supercot	1,22 a	0,17 b	0,19 b	2,42 a
Castlebrite	1,69 ab	0,07 a	0,05 a	2,72 ab
Robada	2,15 b	0,19 b	0,22 b	3,65 bc
Patterson	2,85 b	0,08 a	0,08 a	4,52 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

*Referido a los m^2 asignados a cada árbol del huerto, de acuerdo a la distancia de plantación.

Dada la gran dependencia de la productividad a la carga frutal, al ser una función directa de ésta, la productividad se analizó por medio de regresiones, expresándola como función de la carga frutal (figuras 3; 4; 5 y 6), expresada sobre la misma base de normalización m^2 , cm^2 de ASTT, cm^2 de ASTR o m^2 de $fPAR$ interceptado. Así, tanto el número de frutos como los kg por árbol fueron normalizados por estas variables (Marini *et al.*, 2002).

Para todas las regresiones, se evidencia una relación lineal positiva entre la carga frutal y productividad, similar a lo descrito por otros autores (Ojer *et al.*, 1996; Reginato y González, 1997; Reginato y Rojas, 1997; Stover *et al.*, 2001) (figuras 3; 4; 5 y 6). Los coeficientes de regresión en la respuesta de todas las variedades fueron mayores a un 0,85, lo que indica que la carga frutal explica en gran medida la productividad o eficiencia productiva. Al analizar las pendientes de estas regresiones, utilizando el procedimiento de variables Dummy, para analizar la diferencias entre las variedades, como lo propone Marini *et al.* (2002), se aprecia que la respuesta de la productividad a la carga frutal, expresada en distintas expresiones, no fue diferente para Supercot, Robada y Castlebrite, pero sí todas estas presentaron diferencias con la variedad Patterson.

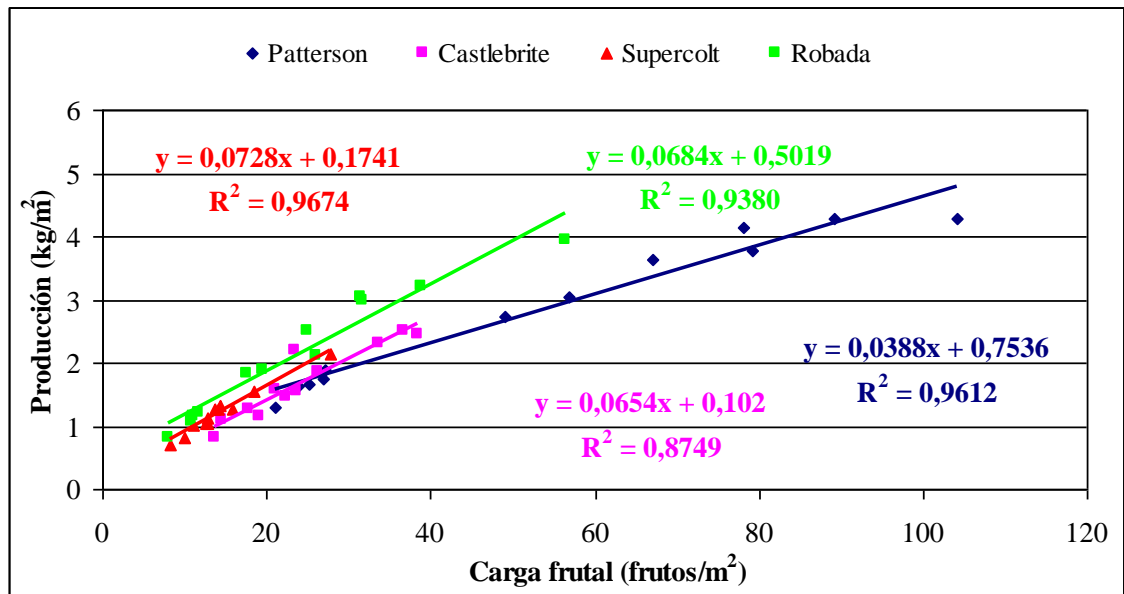


Figura 3. Productividad, en kg/m^2 , como función de la carga frutal, expresada como frutos/ m^2 , para distintas variedades de damasco evaluadas en el ensayo.

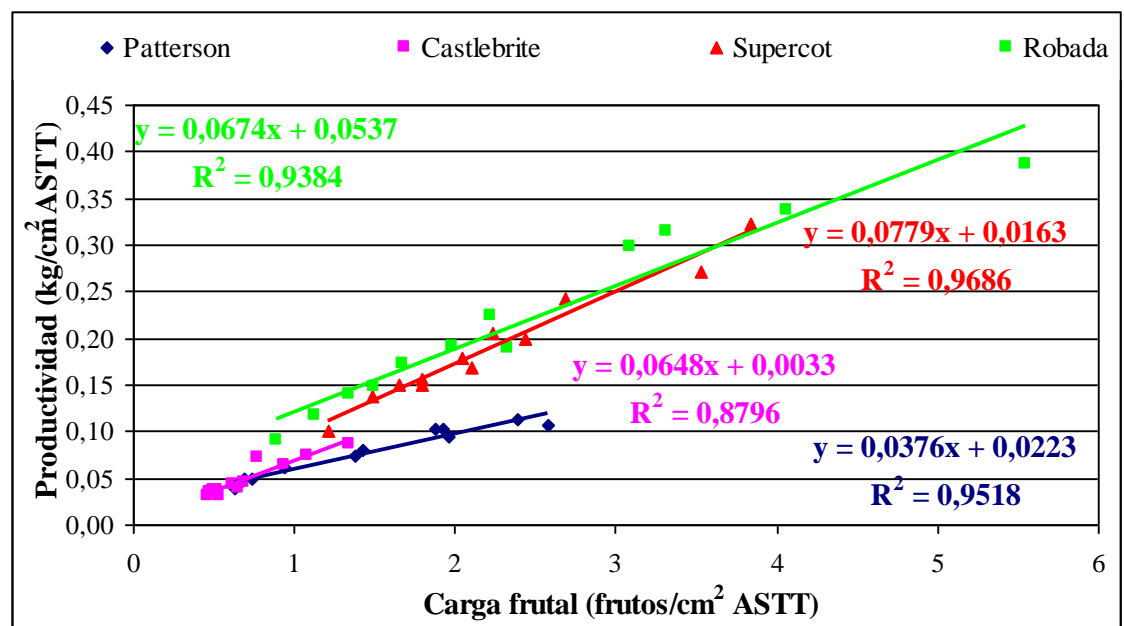


Figura 4. Productividad, en kg/cm^2 ASTT, como función de la carga frutal, expresada como frutos/ cm^2 de ASTT, para las distintas variedades de damasco evaluadas en el ensayo.

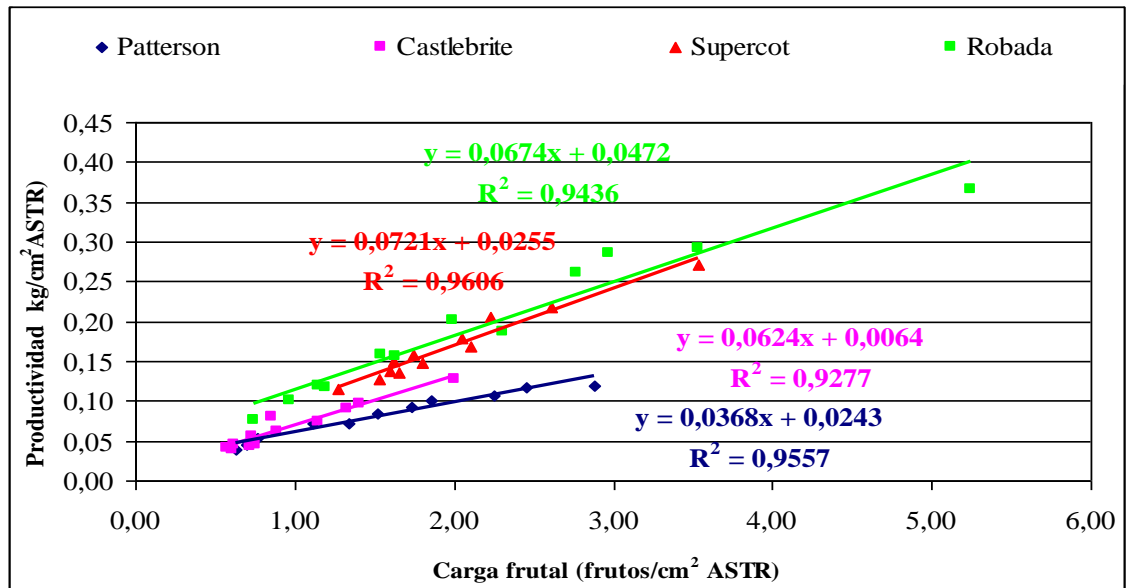


Figura 5. Productividad, en kg/cm² ASTR, como función de la carga frutal, expresada en frutos/cm² de ASTR, para las distintas variedades de damasco evaluadas en el ensayo.

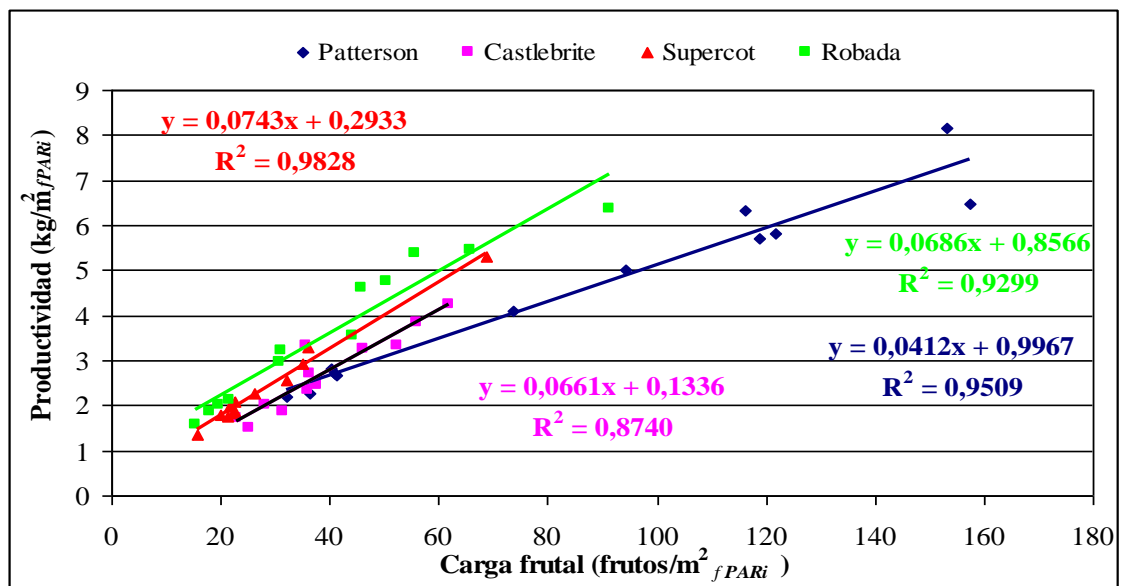


Figura 6. Productividad en kg/m² fPARi en función de la carga frutal, expresada como frutos/m² fPARi, para las distintas variedades de damascos evaluadas en el ensayo.

Considerando que la carga frutal influye directamente en la productividad o eficiencia productiva, se planteó un análisis de covarianza (ANCOVA), con el fin de eliminar esta fuente de variación (Swallow, 1981). Sin embargo, el hecho de que la pendiente de respuesta de Patterson sea diferente a las otras variedades, el ANCOVA no es apropiado, según Marini *et al.* (2002). Por esta razón, se recurrió a calcular la productividad ajustada por la carga frutal, utilizando la metodología de Stover *et al.* (2001), como también lo infiere Reginato *et al.* (2007b); Esta metodología calcula la diferencia con una regresión única para el ensayo (figuras 7; 8; 9 y 10).

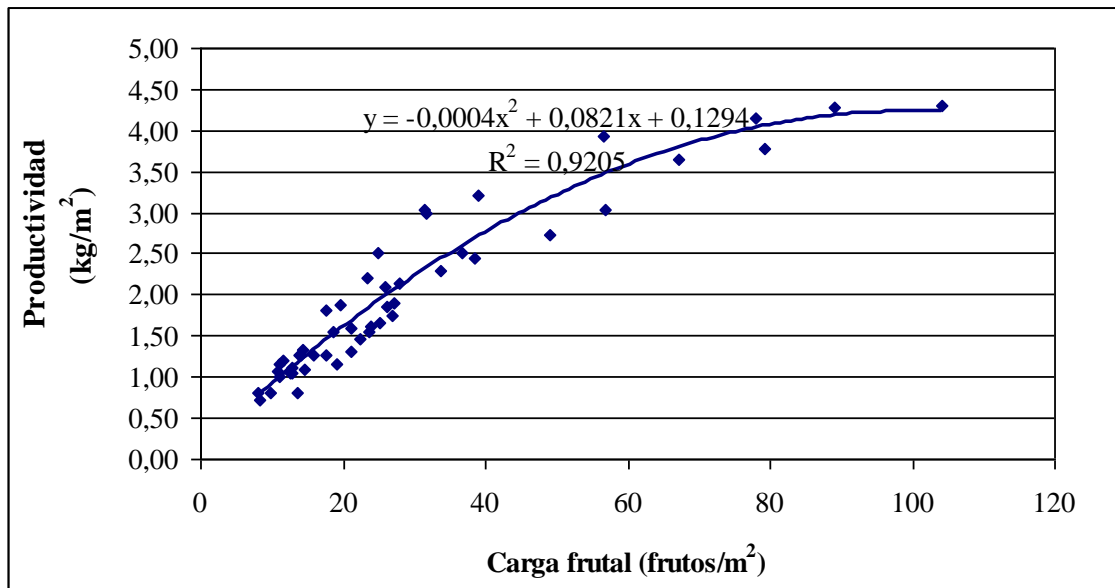


Figura 7. Productividad, en kg/m^2 , como función de la carga frutal, expresada como frutos/m^2 , considerando todas las variedades en ensayo.

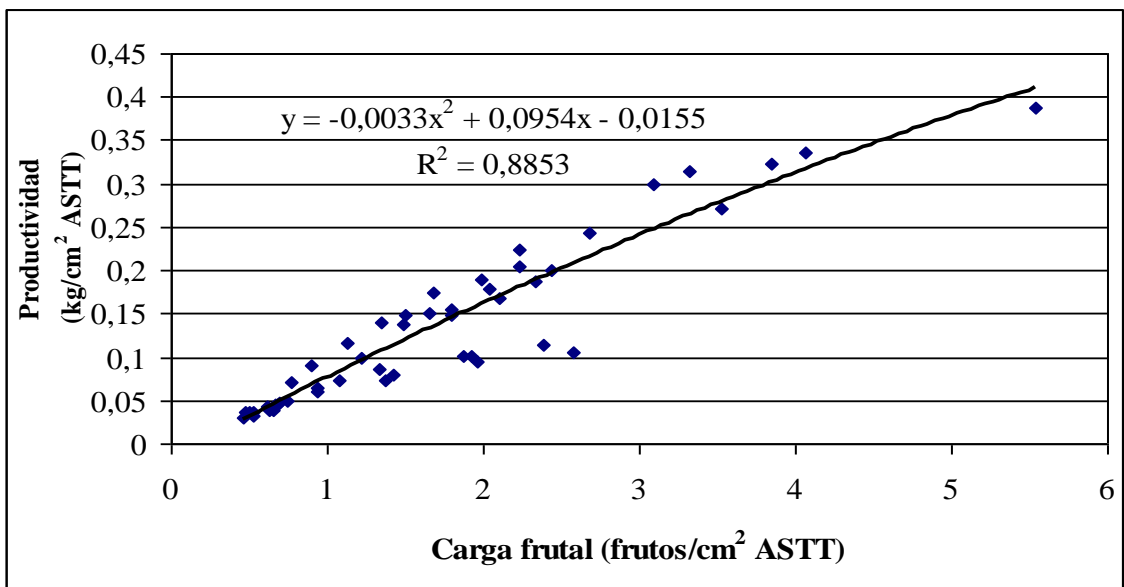


Figura 8. Productividad, en kg/cm^2 ASTT, como función de la carga frutal, expresada como frutos/cm^2 de ASTT, considerando todas las variedades en ensayo.

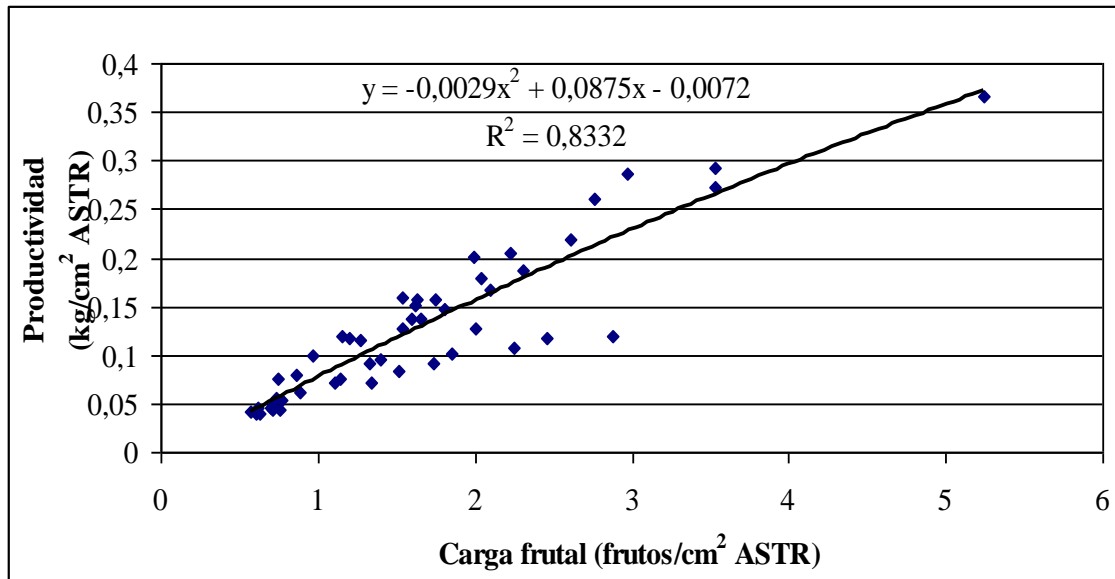


Figura 9. Productividad, en kg/cm^2 ASTR como función de la carga frutal, expresada como frutos/ cm^2 de ASTR, considerando todas las variedades en ensayo.

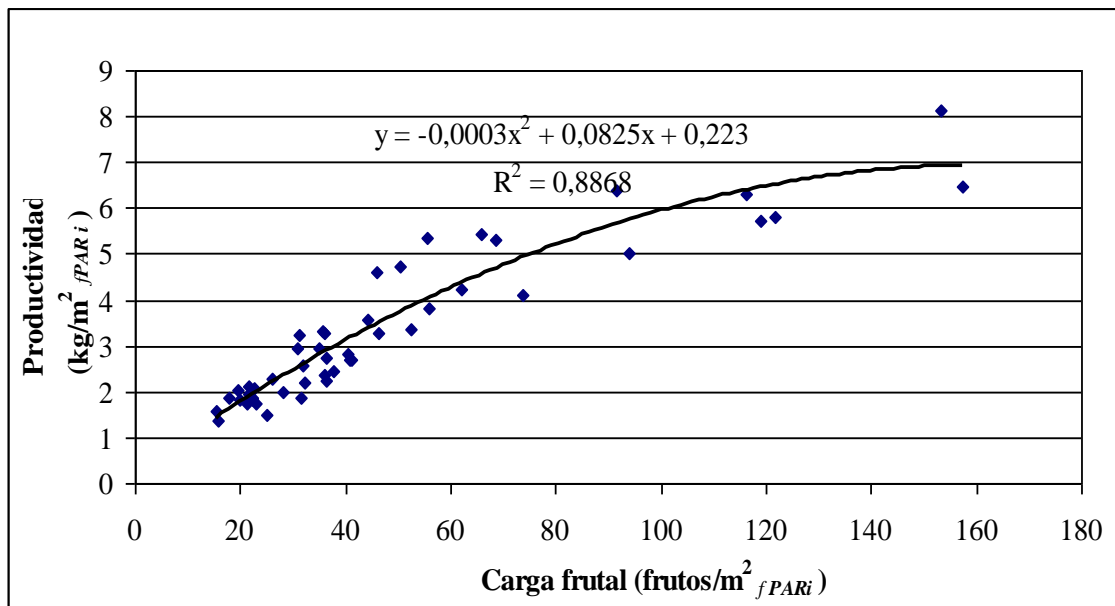


Figura 10. Productividad, en kg/m^2 fPARi, como función de la carga frutal, expresada como frutos/ m^2 fPARi, considerando todas las variedades en ensayo.

Para la productividad, ajustada por la carga frutal en sus diferentes expresiones, se realizó un ANDEVA (Cuadro 6), para determinar las diferencias entre variedades, tal como lo propone Reginato *et al.* (2007b). En este caso, la variedad Robada presentó la mayor producción en kg/m^2 (Cuadro 6), con diferencias significativas sobre las demás variedades. En términos de kg/cm^2 de ASTR, Robada presentó la mayor productividad, aunque no diferente significativamente con Supercot; y en kg/cm^2 de ASTT, Patterson presentó la menor productividad, diferente a Robada, Castlebrite y Supercot, las que no se diferencian entre sí. Ahora, al expresar la productividad en kg/m^2 fPARi, la variedad que presentó la mayor productividad fue Robada, diferente a las demás variedades.

Cuadro 6. Producción y productividad ajustada por la carga frutal y expresada en función de los m^2 por árbol, ASTT, ASTR y kg/m^2_{fPARi} a cosecha, para las distintas variedades evaluadas de damasco.

Variedades	Producción		Productividad	
	kg/ m^2	kg/cm ² de ASTR	kg/cm ² de ASTT	kg/m ² $fPARi$
Patterson	1,75 a	0,10 a	0,10 a	2,93 a
Castlebrite	1,81 a	0,13 b	0,13 b	3,21 a
Supercot	1,99 b	0,14 bc	0,14 b	3,30 a
Robada	2,34 c	0,16 c	0,14 b	3,87 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tamaño de fruto

Se estableció la relación entre el peso y diámetro ecuatorial del fruto para las variedades, presentando altos coeficientes de determinación en Robada (0,94) y Castlebrite (0,92) y menores en las variedades Patterson ($R^2 = 0,81$) y Supercot ($R^2 = 0,74$), aunque sus coeficientes también fueron significativos (Figura 11). En la variedades Robada y Supercot, el fruto presenta mayor peso en relación a su diámetro en comparación con Castlebrite y Patterson; esto se debe a que Supercot y Robada presentan fruto más alargados que las otras variedades.

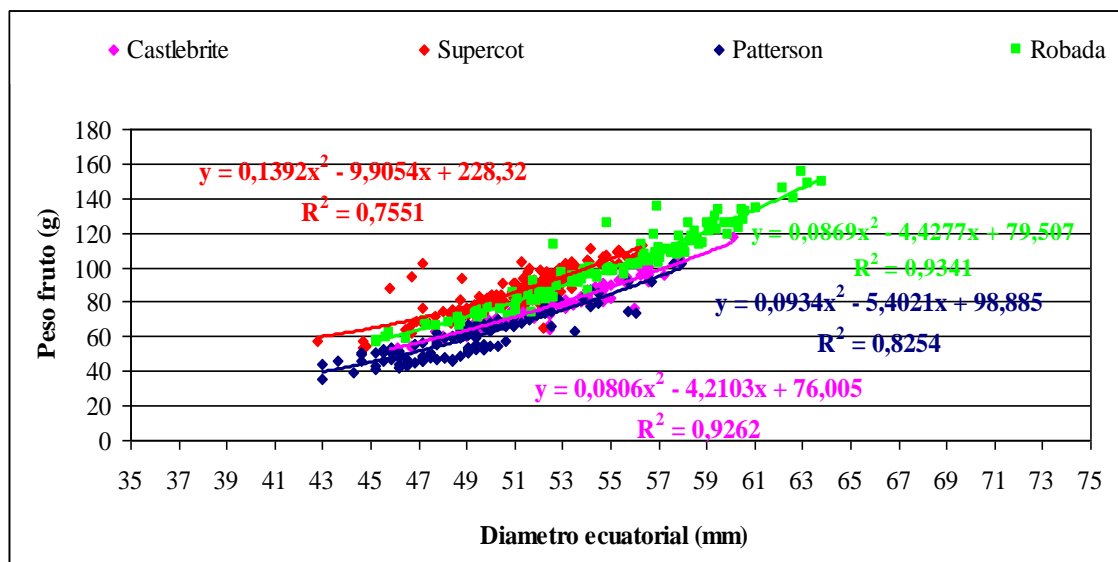


Figura 11. Peso de fruto en función del diámetro ecuatorial en 4 variedades de damasco. Patterson, Castlebrite, Robada y Supercot.

Distribución de calibres por variedad

La proporción de fruta en cada calibre mostró un patrón característico en cada variedad (Figura 12); Robada se presenta concentrada hacia los calibres menores, con la mayor

proporción de frutos (39%) en el calibre 56, con un 8% de frutos sobre el calibre 108 (descarte). La variedad Supercot presenta la mayor proporción de frutos en el calibre 72 (27%), con un 2% de descarte. La variedad Castlebrite presenta la mayor proporción de frutos en el calibre 90, un 15%, y un descarte de 18%. En el extremo, la variedad Patterson se concentró en el calibre 108, con un 13%, y con un descarte de un 49%. Ahora, al observar las curvas, la variedad Robada se podría trasladar a calibres menores, lo que permitiría aumentar la carga frutal y aún obtener una buena distribución de tamaños; lo mismo ocurre en Supercot, pero en menor medida, ya que se encuentra cercana a una curva normal. Por el contrario, las variedades Castlebrite y Patterson no resisten aumentos en la carga frutal, pues sólo aumentaría la proporción del desecho.

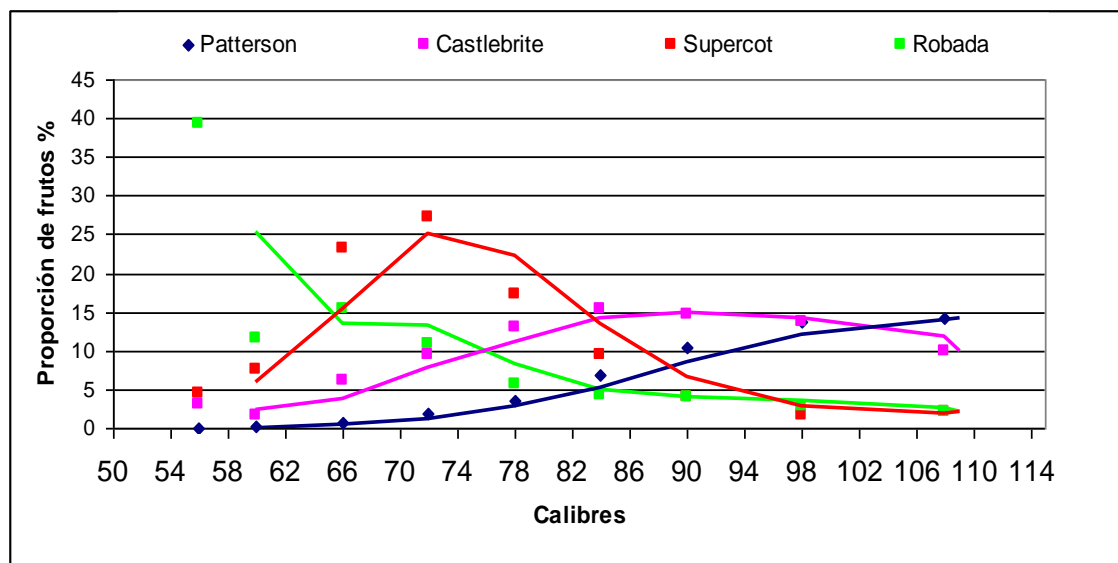


Figura 12. Distribución de calibres en 4 variedades de damasco, considerando proporción de frutos en cada calibre, en kilos.

Respecto del tamaño del fruto, efectivamente evaluada en terreno, se presentaron diferencias entre las variedades (Cuadro 7). La variedad Robada presentó el fruto más grande (65% más que Patterson), luego Supercot, un 50% más que Patterson, y Castlebrite, un 22,1% más que Patterson.

Cuadro 7. Tamaño de fruto promedio de todos los arboles en 4 variedades de damasco en ensayo.

Variedad	Tamaño fruto (g)	Tamaño de fruto relativo a Patterson (%)
Patterson	57,08 a	100
Castlebrite	69,72 b	122,1
Supercot	85,79 c	150,3
Robada	94,3 d	165,2

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Inversamente a la respuesta de la productividad, el tamaño de fruto fue función inversa de la carga frutal, similar a lo obtenido por Reginato y Camus (1993) en durazno, expresada como frutos/m², frutos/cm² de ASTT, frutos/cm² de ASTR o frutos/m² fPAR interceptado a cosecha, (figuras 13; 14; 15 y 16). Así, a medida que aumentó la carga frutal el tamaño del fruto disminuyó para todos los casos. Las pendientes de la respuesta de las cuatro variedades no presentó diferencias, lo que indica que la proporción en que el tamaño de fruto disminuye como respuesta al aumento de la carga frutal fue similar entre variedades. El hecho que las pendientes sean iguales permite aplicar correctamente el análisis de covarianza (Marini *et al.*, 2002).

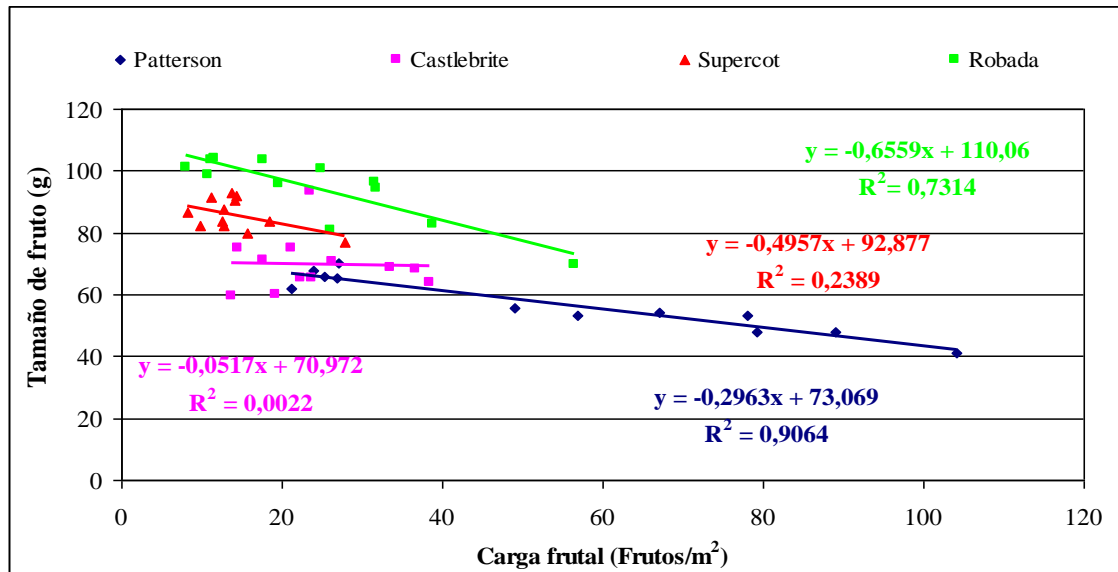


Figura 13. Tamaño de fruto (g) en función de la carga frutal, expresada como frutos/m², para las distintas variedades de damasco evaluadas en el ensayo.

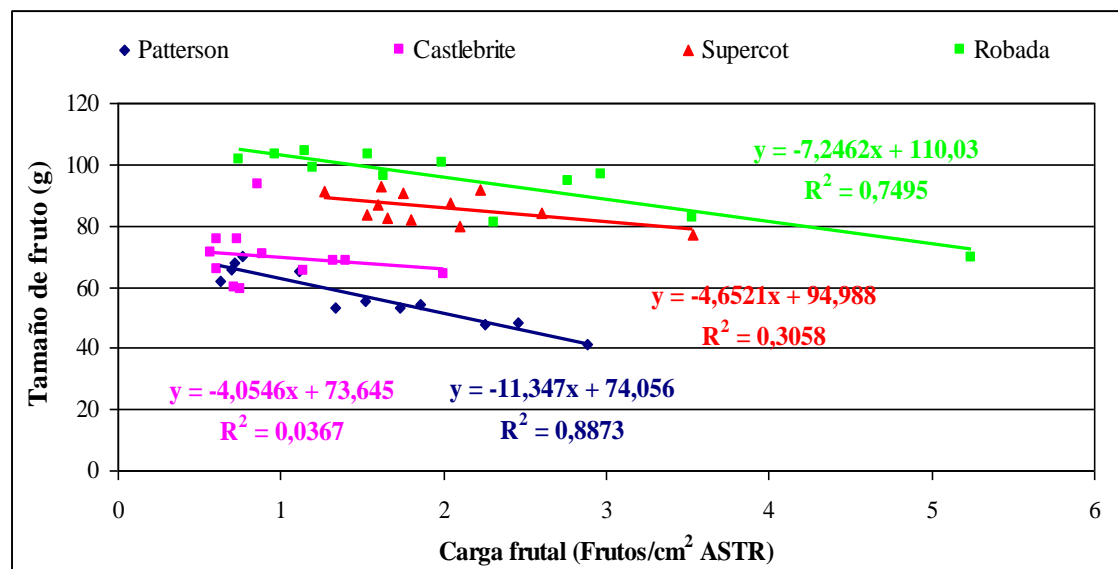


Figura 14. Tamaño de fruto (g) en función de la carga frutal, expresada como frutos/cm² de ASTR, para las distintas variedades de damasco evaluadas en el ensayo.

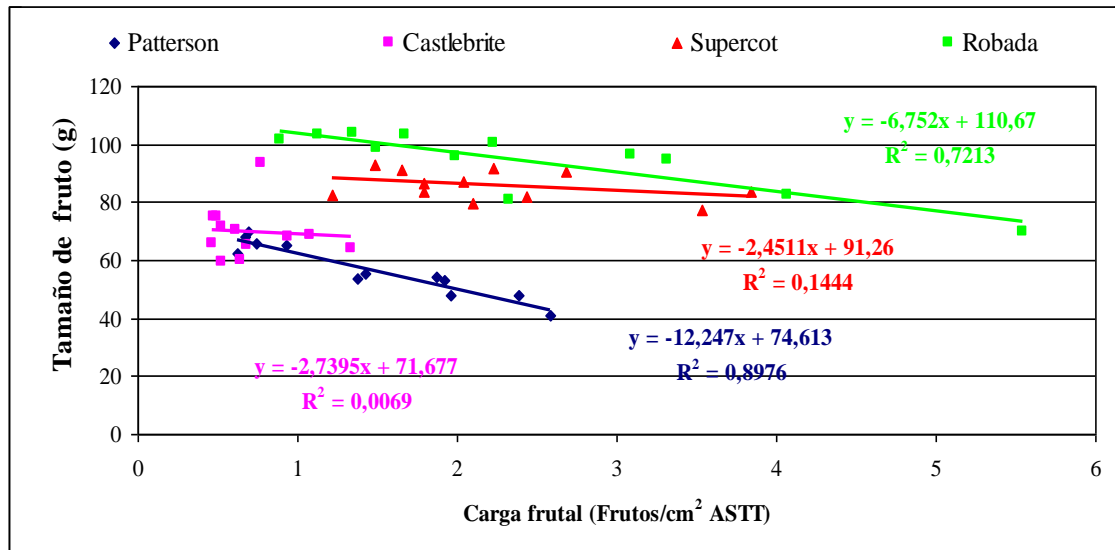


Figura 15. Tamaño de fruto (g) en función de la carga frutal, expresada como frutos/cm² de ASTT, para las distintas variedades de damasco evaluadas en el ensayo.

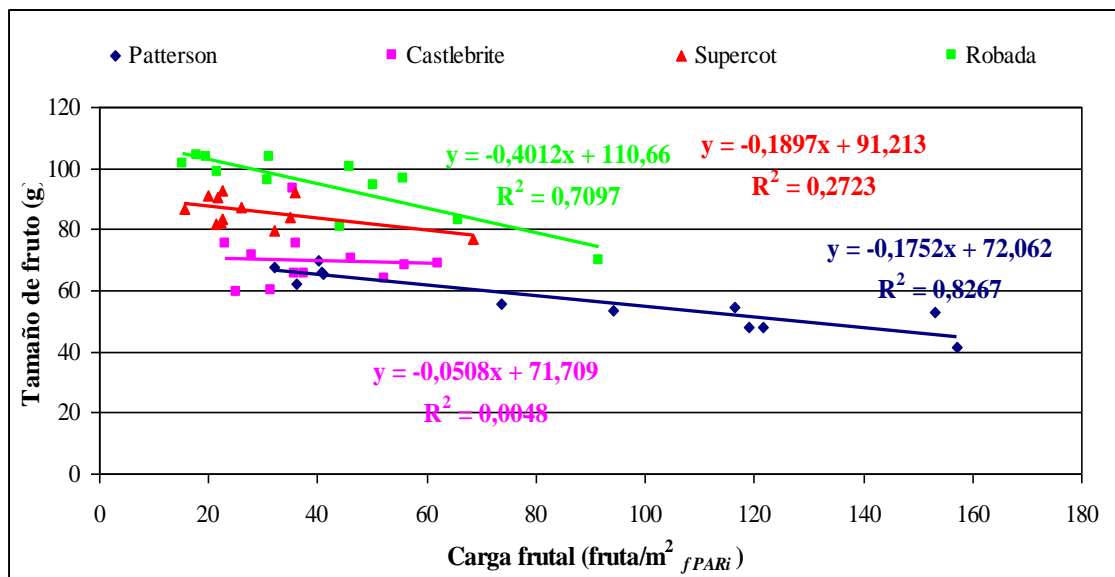


Figura 16. Tamaño de fruto (g) en función de la carga frutal, expresada como frutos/m² fPARi para cuatro variedades de damasco.

Al aplicar el procedimiento de covarianza, el tamaño del fruto mostró diferencias estadísticas significativas para todas las expresiones de carga frutal utilizadas como covariable (Cuadro 8). Cuando la carga frutal fue expresada por frutos/m² y frutos/m² fPAR interceptado, el tamaño del fruto de la variedad Robada fue superior, aproximadamente, en un 12 y un 30% con respecto a Supercot, pero sin diferencias significativas con ella. Esta diferencia se incrementó cuando el tamaño de fruto se comparó utilizando como covariable la carga frutal en función del ASTT y ASTR, con diferencia entre todas las variedades, y con Robada un 43 y 53% mayor que de la variedad Patterson, variedad que presenta el menor tamaño de fruto (g). Aunque diferentes fuentes mencionan al diámetro de tronco para la normalización de la carga y la productividad, y habiéndose presentado similar interceptación de PAR, la

comparación más apropiada debiera ser frutos/ m² o frutos/m²_{fPARI} (Reginato *et al.*, 2007a).

Cuadro 8. Tamaño del fruto en cuatro variedades de damasco (g) al considerar la carga frutal como covariable.

Variedad	Tamaño de fruto			
	g			
Patterson	65,8 a ^z	55,9 a	55,3 a	64,8 a
Castlebrite	68,0 a	64,6 b	63,1 b	67,8 a
Supercot	80,6 b	88,2 c	89,3 c	81,6 b
Robada	95,5 c	98,2 d	99,1 d	92,67 c
Covariable carga frutal	Frutos/m ²	frutos/cm ² ASTR	Frutos/cm ² ASTT	frutos/m ² _{fPARI}
Coef. covariable	-0,35 ^w	-7,53	-6,67	-0,21

^z Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05) entre valores de la misma columna

^w Los promedios están ajustados según análisis de covarianza. con p-valor<0,0001.

Carga frutal, tamaño de fruto y eficiencia productiva

Basándose en las relaciones carga frutal-eficiencia productiva y carga frutal-tamaño de fruto, y utilizando la unidad frutos/m²_{fPARI}, como lo demuestra Reginato *et al.* (2007a), para una situación donde la intervención de poda altera la relación con el ASTT, se puede señalar que al variar la carga frutal (frutos/m²_{fPARI}), la eficiencia productiva (kg/m²_{fPARI}) se afecta mucho más que el tamaño de fruto (g), en todas las variedades. Así, al reducir la carga frutal a un 25% (frutos/m²_{fPARI}) en la variedad Robada el tamaño de fruto sólo incrementa en un 30% y la eficiencia productiva se reduce en un 35%; en Patterson, el tamaño de fruto se incrementa en un 18% y la eficiencia productiva se reduce a un 42,5%. Por su parte los mayores cambios en la eficiencia productiva se presentan en Castlebrite y Supercot, donde al reducir a un 25% el tamaño de fruta se incrementa solo en un 4% y 15 %, respectivamente, ante un mismo cambio de carga (Cuadro 9).

Similar efecto fue también descrito por Reginato y Camus (1993), en duraznos; al realizar un raleo para alcanzar el tamaño comercial requerido, limitaron drásticamente la productividad del árbol, lo que, generalizando, determina un bajo volumen producido por unidad de superficie (Reginato, 1989).

Cuadro 9. Estimación de la respuesta del tamaño de fruto y la productividad ante una drástica reducción de carga frutal, expresada ésta en función de $m^2 fPAR_i$.

Variedad	Carga frutal		Eficiencia productiva		Tamaño fruto	
	frutos/ $m^2 fPAR_i$	%	Kg/ $m^2 fPAR_i$	%	g	%
Robada	80	100,0	6,3	100,0	78,7	100,0
	20	25,0	2,2	35,0	102,7	130,5
Supercot	80	100,0	6,2	100,0	76,0	100,0
	20	25,0	1,7	28,5	87,4	115
Castlebrite	80	100,0	5,4	100,0	67,6	100,0
	20	25,0	1,5	26,9	70,7	104,6
Patterson	80	100,0	4,23	100,0	58,0	100,0
	20	25,0	1,81	42,5	68,5	118,1

Datos estimados a partir de la respuesta del tamaño del fruto y productividad, a la carga frutal.

La relación entre la carga frutal con el tamaño de fruto y la eficiencia productiva puede ser utilizada para optimizar la carga frutal, desde un punto de vista del ingreso, tal como lo propone Stover *et al.* (2001), en manzanos y cítricos, y Reginato *et al.* (2007b), en duraznos conserveros y nectarinas. De esta manera, el raleo de frutos debe ser realizado con una intensidad tal que asegure un tamaño de fruto comercial, pero sin disminuir en exceso la producción total (Reginato y Camus, 1993), debiendo considerar el precio por calibre, con el fin de definir con más claridad estos parámetros.

Valor de la producción

A partir del peso individual de los frutos, se determinó los kilos de cada calibre en cada árbol y, a partir de ese dato, se obtuvo el valor de la producción en US\$/ha para distintos niveles de carga frutal (frutos/árbol) (Figura 17). Sin embargo, como las variedades presentan diferentes condiciones de producción, se comparó llevándolas a un valor de producción estándar, corrigiendo de acuerdo a la $fPAR$ interceptada, llevándolas a un valor considerado óptimo de 75% de interceptación. Las regresiones de valor de la producción de las diferentes variedades se ajustaron a curvas del tipo lineal (Figura 17).

El mayor ingreso por ha (US\$/ha) lo obtiene la variedad Robada y, en la medida que incrementa el número de frutos por hectárea más diferenciación se obtiene respecto de las otras variedades (Figura 17). Así, para una carga frutal de 150.000 a 500.000 frutos/ha, 'Robada' presenta valores de producción de 40.559 a 102.404 US\$/ha, respectivamente; la sigue 'Supercot' con valores de 31.373 a 84.188 US\$/ha. Por su parte, el valor de producción de 'Castlebrite' varía entre un 42 y 53%, respecto de 'Robada' y 'Patterson' entre un 32 y 22%.

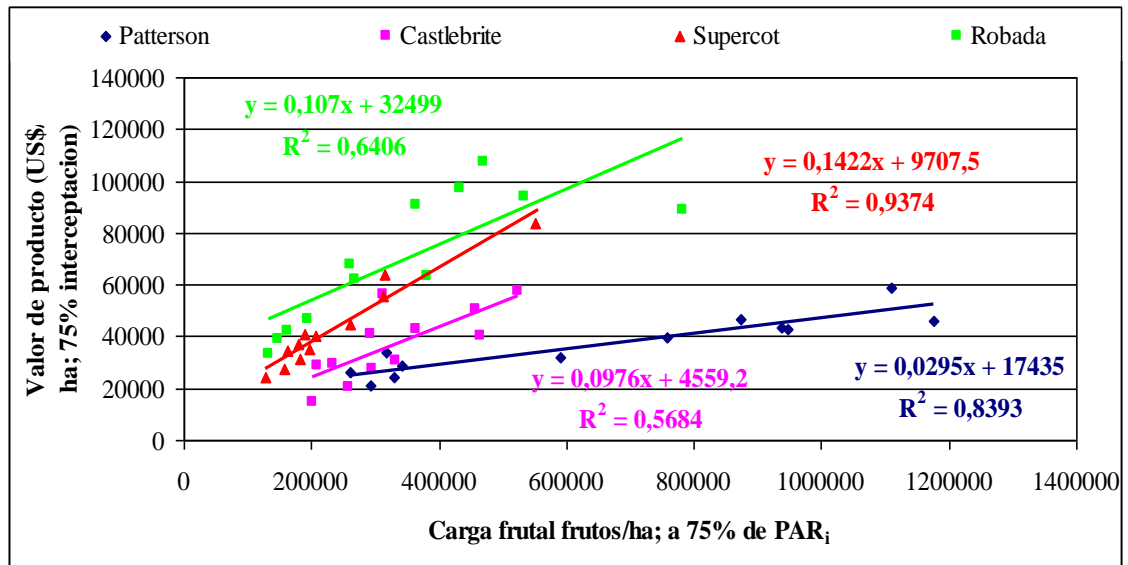


Figura 17. Valor de la producción, expresados en US\$/ha, para diferentes variedades de damasco, en función de la carga frutal en frutos/ha, para un huerto con una interceptación de 75% de PAR.

Además, aceptando que todos los árboles interceptaron de forma similar, se estimó el valor de producción por variedad, en US\$/ha, para distintos niveles de carga frutal expresada como (frutos/m²) (figura 18;19; 20 y 21), Estos valores son relativos y fueron calculados sin ser estandarizados por la distancia de plantación. Para la variedad Patterson se obtuvo el máximo valor de producción (26.208 US\$/ha) cuando presentó una carga frutal de 67 frutos/m²; en Castlebrite, este valor llegó a los 35.331 US\$/ha con una carga frutal de 35 frutos/m²; Supercot alcanzó un valor de 44.724 US\$/ha con 37 frutos/m² y Robada 69.880 US\$/ha con 44 frutos/m². Esto confirma que Robada alcanza el valor de producción más alto, seguida por Supercot, y dejando a Patterson en el último lugar.

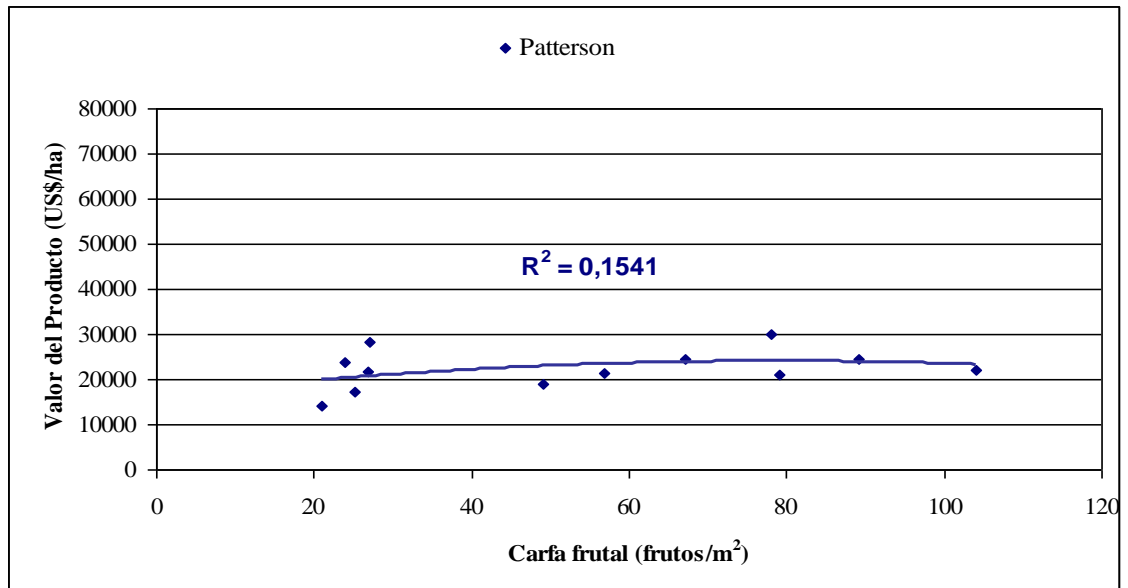


Figura 18. Valor de la producción, expresado en US\$/ha, para la variedad Patterson, en función de la carga frutal, en frutos/m².

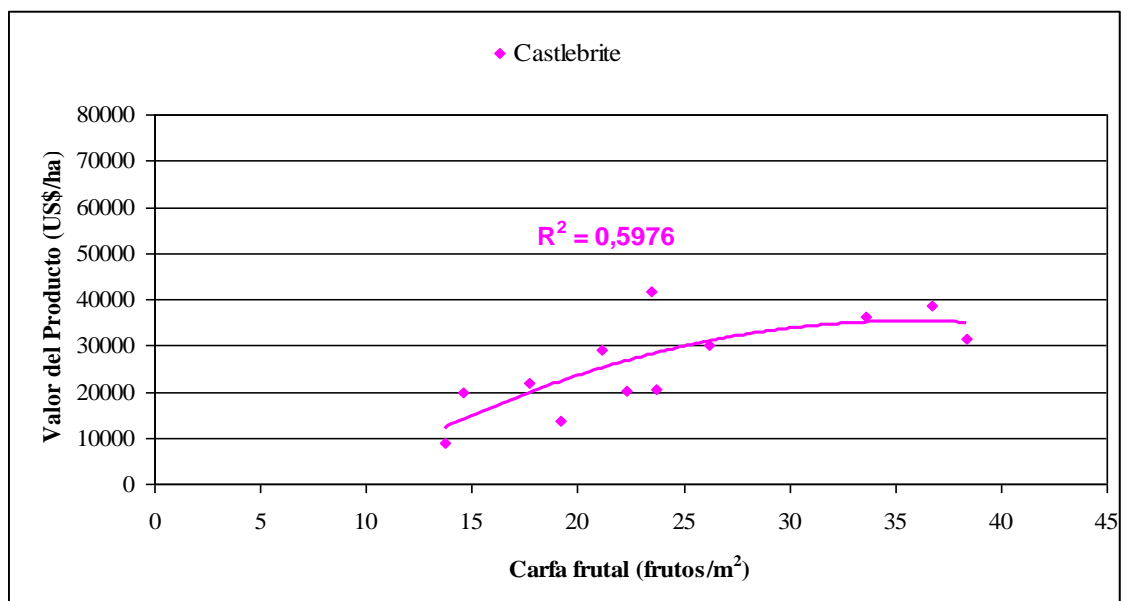


Figura 19. Valor de la producción, expresado en US\$/ha, para la variedad Castlebrite, en función de la carga frutal, en frutos/m².

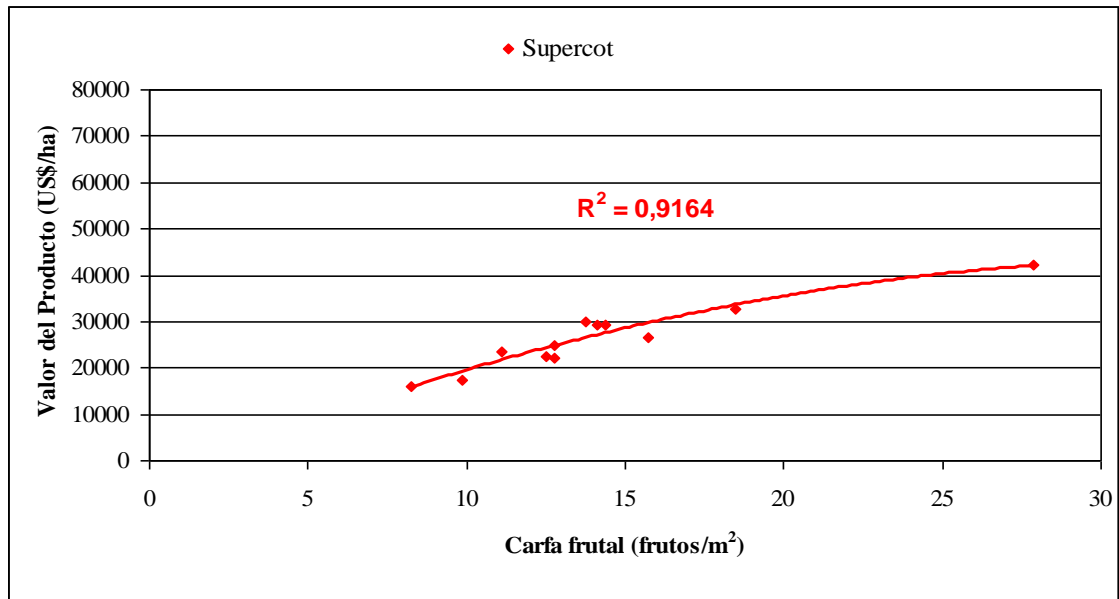


Figura 20. Valor de la producción, expresado en US\$/ha, para la variedad Supercot, en función de la carga frutal, en frutos/m².

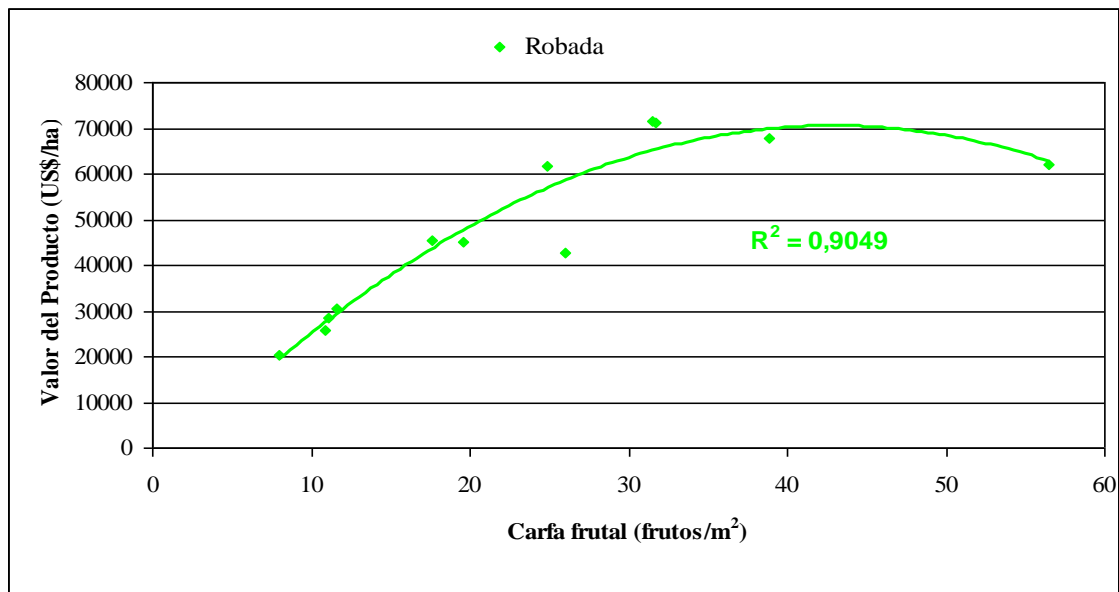


Figura 21. Valor de la producción, expresado en US\$/ha, para la variedad Robada, en función de la carga frutal, en frutos/m².

CONCLUSIONES

La fracción de PAR_i interceptado reduce las diferencias en tamaño de los árboles, mostrados por el ASTT y ASTT, inducida por árboles de diferente edad.

En general, la interceptación de PAR se incrementa a inicios de temporada, y se estabiliza hacia fines de octubre, para mantenerse constante hasta la cosecha.

La productividad es función directa de la carga frutal, independiente de cómo se exprese ésta.

El tamaño de fruto es función inversa de la carga frutal, independiente de cómo se exprese esta.

La variedad de mayor productividad es Robada.

Robada logra mayor valor del producto, en 69.880 US\$/ha, a igual nivel de carga frutal, con respecto a Supercot (44.724 US\$/ha), Castlebrite (35.331 US\$/ha) y Patterson (26.208 US\$/ha).

BIBLIOGRAFÍA

- FAUST, M. 1989. Fruiting. pp. 169-229. En: Physiology of temperate fruit trees. Wiley and sons. USA. 338p.
- MARINI, P. R., J. A. BARDEN, J.A. CLINE, R. L. PERRY, and T. ROBINSON, 2002. Effect of apple rootstock on average 'Gala' fruit weight at four locations after adjusting for crop load. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127: 749–753.
- OJER, M., G. REGINATO, C. ARJONA, D. CANTÚ, y P. MINATELLI, 1996. Determinación de la capacidad de carga frutal, en un huerto de durazneros cvs. Bowen y Andross. *Investigación Agrícola* 16: 1–8.
- REGINATO, M.G. 1989. Hacia una tecnificación del raleo de frutales. *Rev. Aconex* 46:25-29.
- REGINATO, G. 1996. Tecnificación de raleo de frutales de carozo. Curso internacional manejo de frutales de carozo. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Santiago, Chile. 181 p
- REGINATO, G. and R. GONZÁLEZ, 1997. Survey of rates and timing of NAA sprays as thinner in three pear varieties in Chile. *Acta Horticulturae* 475: 393-404.
- REGINATO, G. and A. ROJAS, 1997. Chemical thinners survey for Asian pear cv. Hosui. *Acta Horticulturae* 475: 265–273.
- REGINATO, G. y J.L. CAMUS. 1993. Efecto de la fecha y intensidad de raleo sobre la producción y crecimiento vegetativo del duraznero cv. Angelus. *Investigación Agrícola* 13 (1 y 2): 1-8.
- REGINATO, G.H. V. GARCÍA DE CORTÁZAR, and J. VARELA. 2007a. Crop load expressed in terms of intercepted photosynthetically active radiation can be used as a covariate to compare peach tree performance. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 82 (5): 715–720.
- REGINATO, G.H. V. GARCÍA DE CORTÁZAR, and T. L. ROBINSON, 2007b. Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest season as a function of crop load. *HortScience*. 42: 239–245.
- ROBINSON, T. L. and A. N. LAKSO. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard system. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2):188–194.
- ROMÁN, P. 2004. Efecto de los reguladores de crecimiento Prohexadione Calcio sobre el crecimiento vegetativo en cerezo dulce (*Prunus avium* L.) cv Bing en la Comuna de San Francisco de Mostazal y cv Brooks en la Comuna de Putaendo. Tesis Ingeniero

Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile 52 p.

RUIZ, M. y C. VALERO. 2000. La calidad de la fruta. [en línea] <http://138.100.116.103/pd f/2000lcf.PDF>> [consulta: 20 septiembre 2007].

SOUTHWICK, S., K. WEIS, J. YAEGER and H. ZHOU. 1995. Controlling cropping in "Loadel" cling peach using gibberellin: Effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning, and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 1087-1095.

STOVER, E., W. FERDINAND and T. ROBINSON. 2001. A method for assesing the relationship between cropload and crop value following fruit thinning. *Hortscience* 36(1):157-161.

SWALLOW, W.H. 1981. Statistical aproches to studies involving perennial crops. *Hortscience* 16(5): 634-636.

VARELA J.R. 2007. Efecto de la radiacion solar y la carga frutal sobre la productividad y peso del fruto en durazneros. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Cs.Agronómicas. Santiago, Chile. 29 p.

WAGENMARKERS, P. and O. CALLESEN. 1989. Influence of light interception on apple yield and fruit quality related to arrangement and tree height. *Acta Horticulturae* 243: 149- 158.

WÜNSCHE, J. N and A. N. LAKSO. 2000. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity. *HortScience* 35(7):1202-1206.

APÉNDICE

Porcentaje de frutos por calibre función del peso de fruto promedio de cada árbol, para distintas variedades.

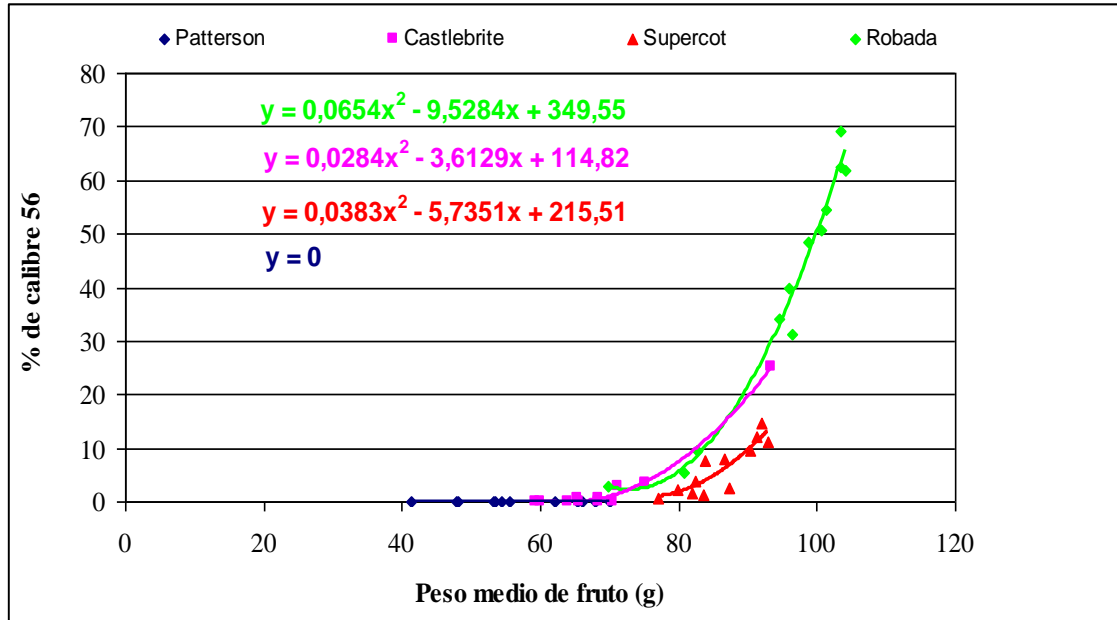


Figura 22. Porcentaje de frutos con calibre 56, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

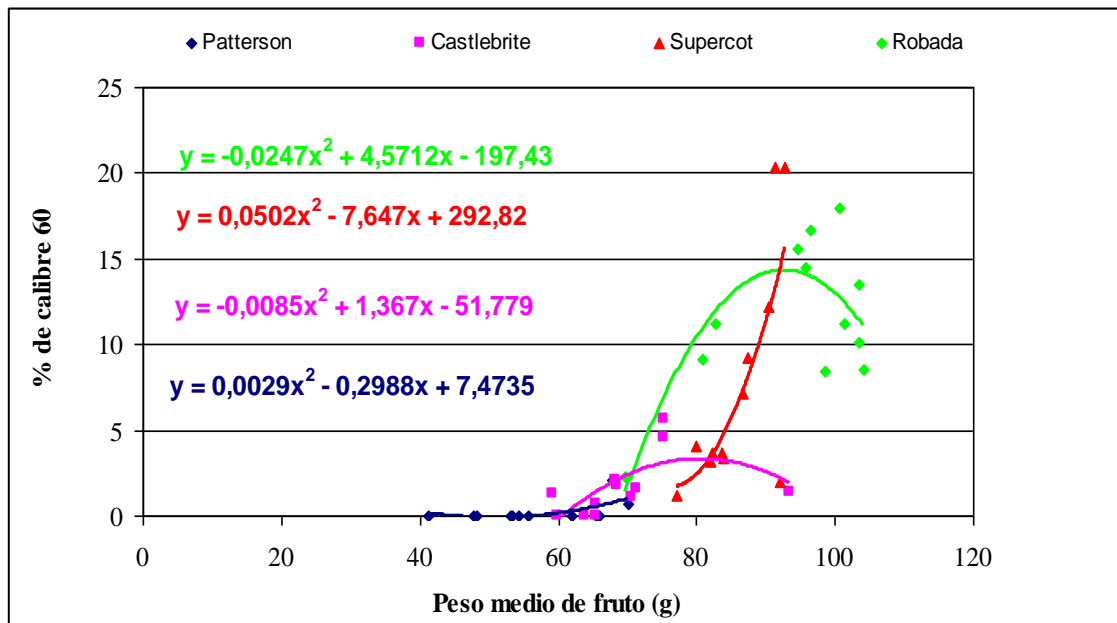


Figura 23. Porcentaje de frutos con calibre 60, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

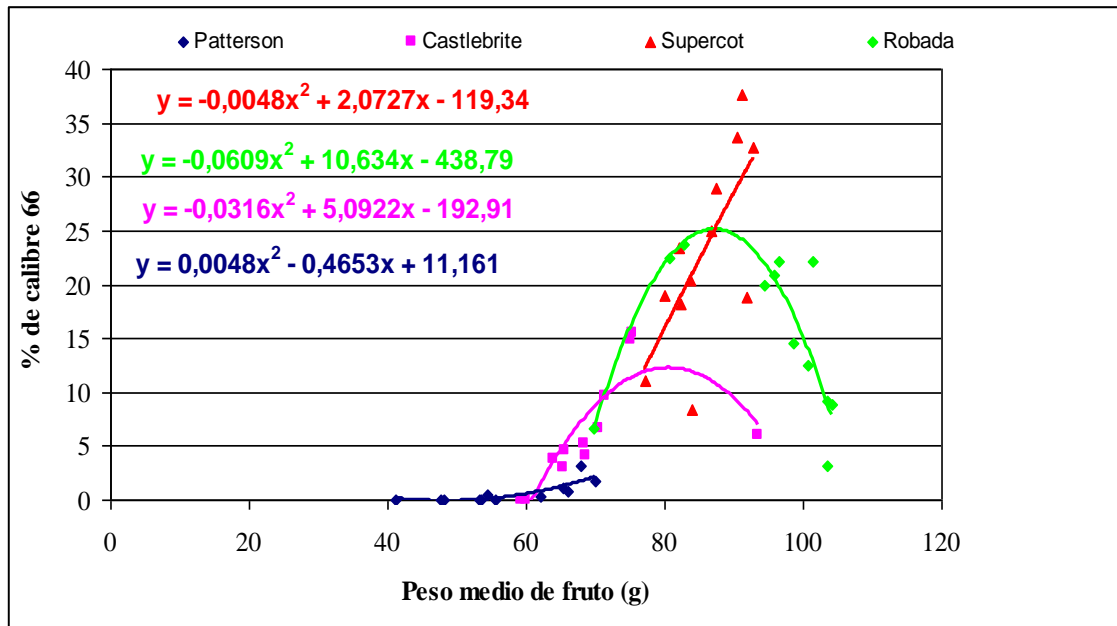


Figura 24. Porcentaje de frutos con calibre 66, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

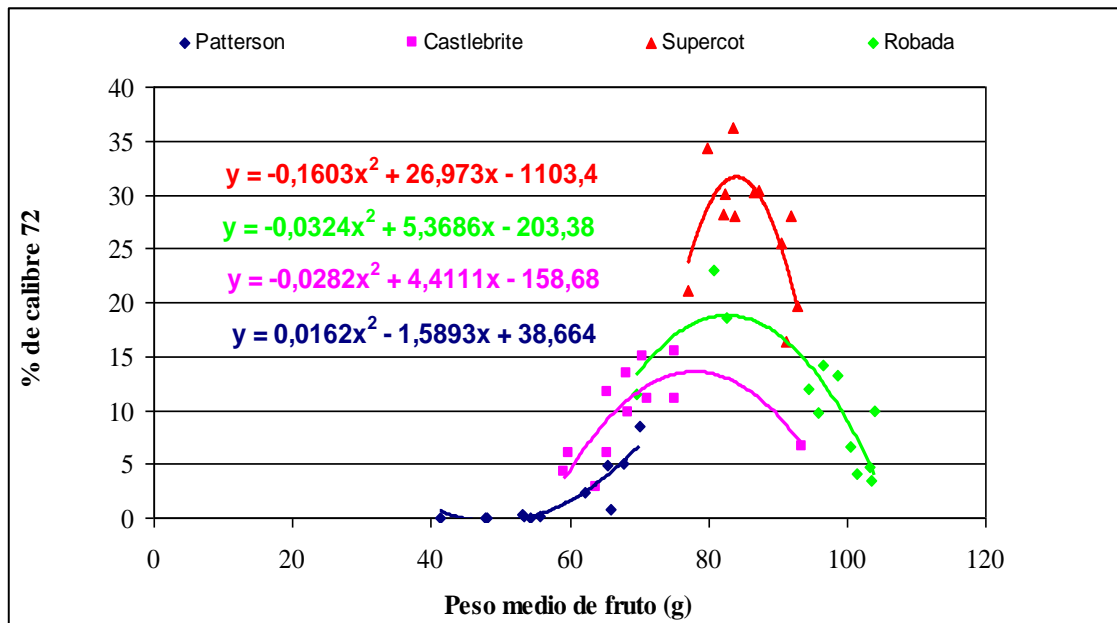


Figura 25. Porcentaje de frutos con calibre 72, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

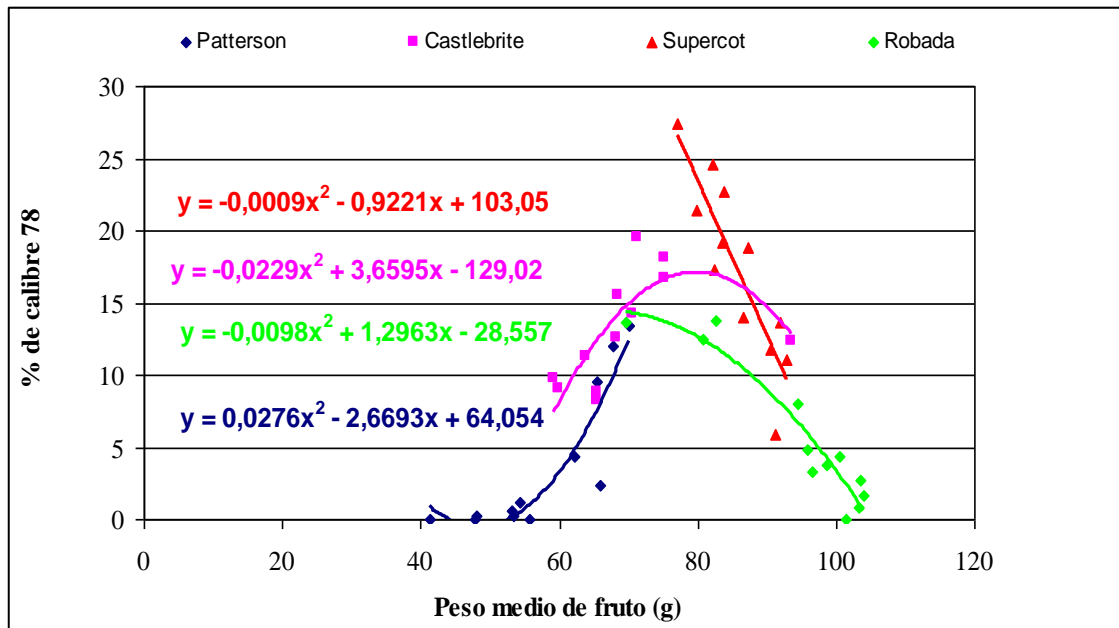


Figura 26. Porcentaje de frutos con calibre 78, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

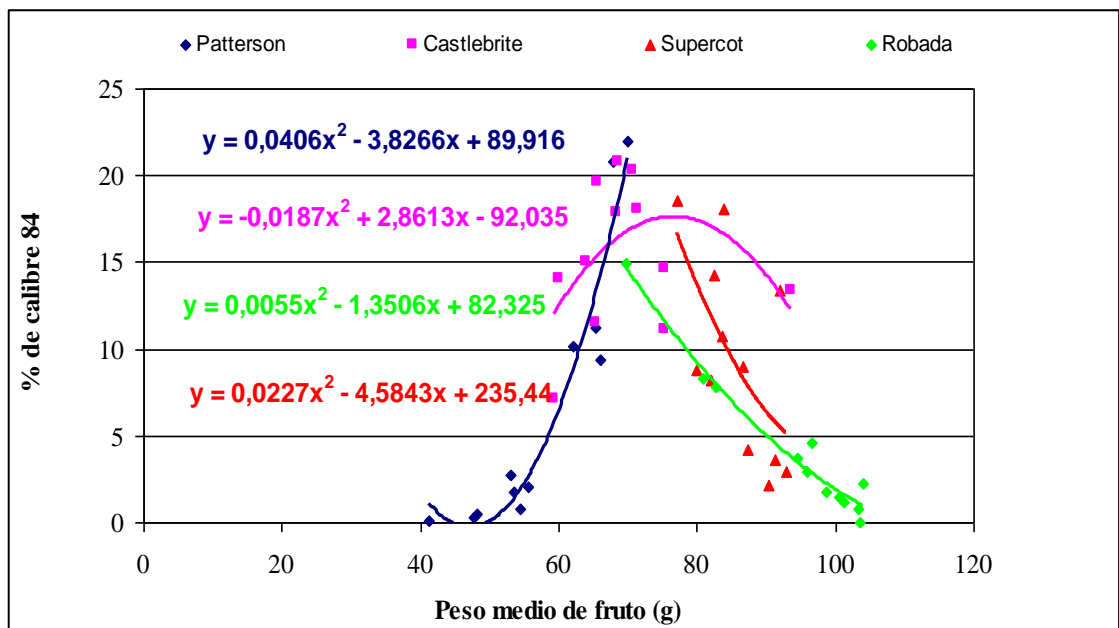


Figura 27. Porcentaje de frutos con calibre 84, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

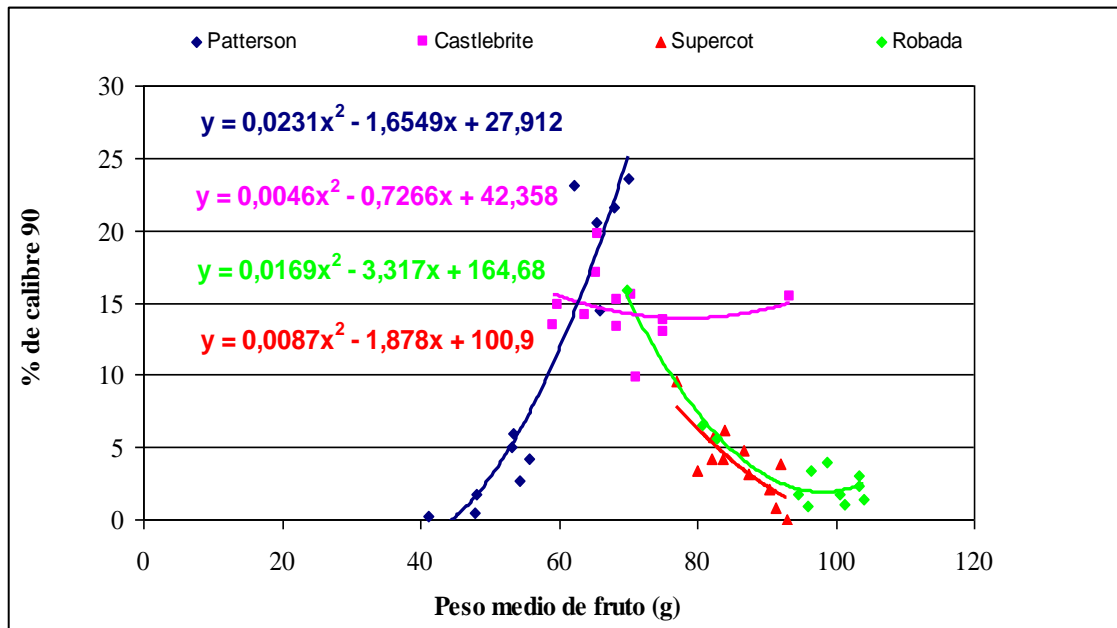


Figura 28. Porcentaje de frutos con calibre 90, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

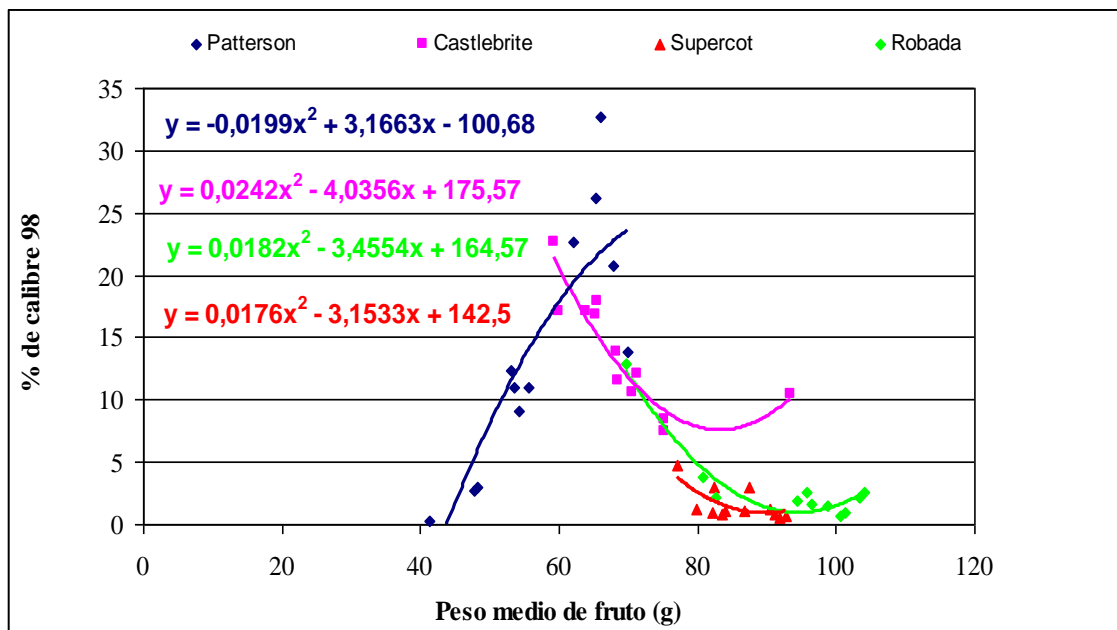


Figura 29. Porcentaje de frutos con calibre 98, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

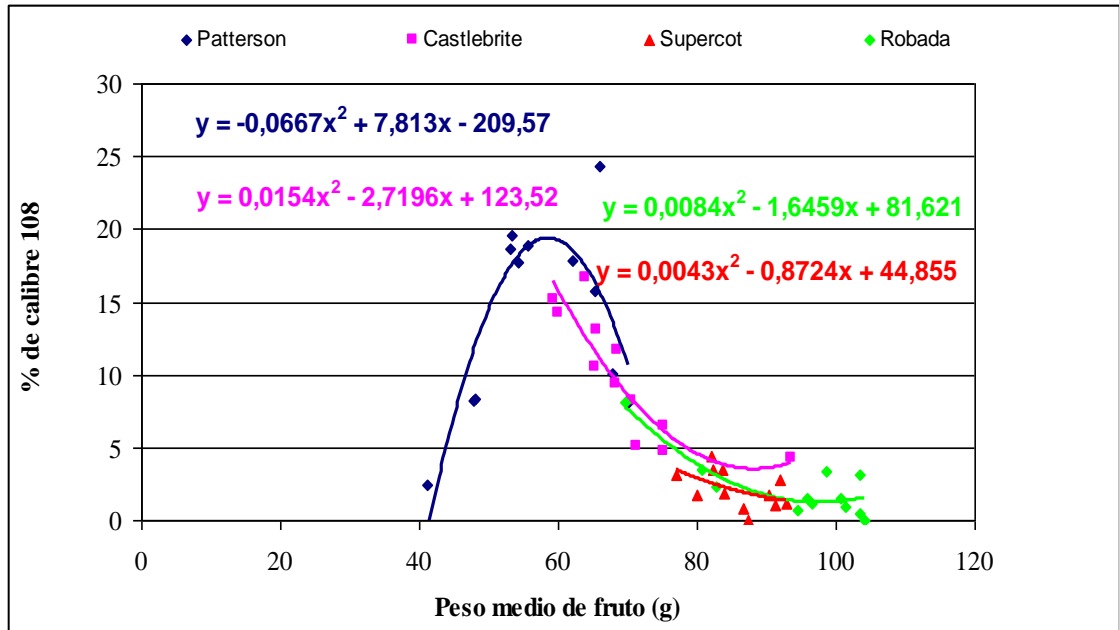


Figura 30. Porcentaje de frutos con calibre 108, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

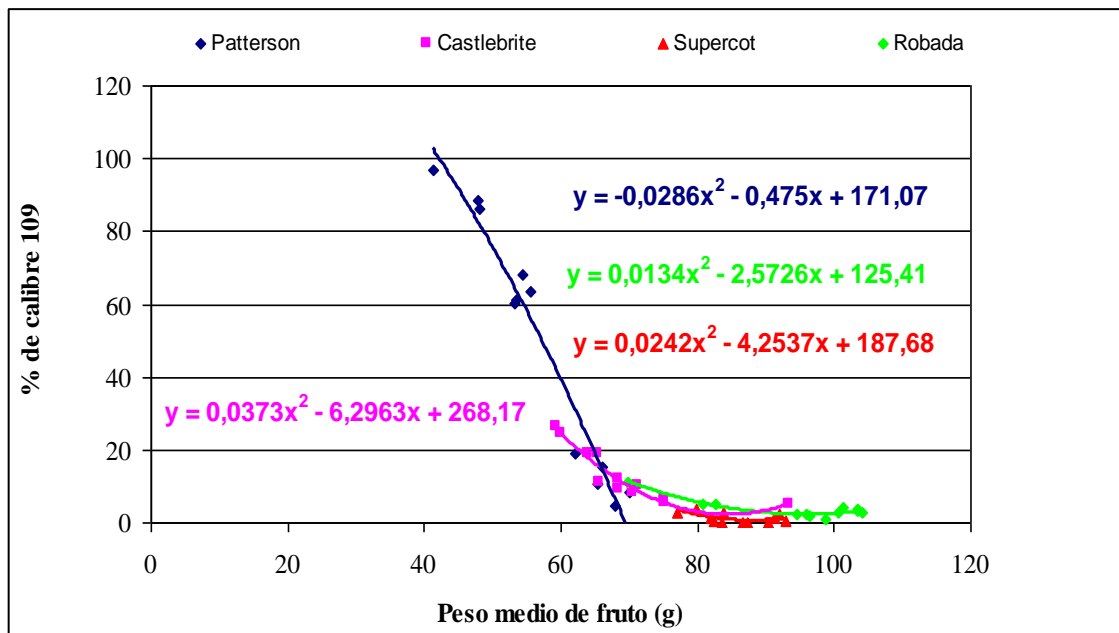


Figura 31. Porcentaje de frutos con calibre 109, en cada una de las variedades, como función del peso medio de fruto.

