

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE
GRANADOS (*Punica granatum* L.) VAR. WONDERFUL EN DIFERENTES ZONAS
DE CHILE**

ANGELO DE PAOLI BENVENUTO ACEVEDO

SANTIAGO - CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE
GRANADOS (*Punica granatum* L.) VAR. WONDERFUL EN DIFERENTES ZONAS
DE CHILE**

***POMEGRANATE(*Punica granatum* L.) VAR. WONDERFUL DIFFERENT
TRAINING SYSTEMS EVALUATION IN DIFFERENT ZONES OF CHILE.***

ANGELO DE PAOLI BENVENUTO ACEVEDO

SANTIAGO - CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE
GRANADOS (*Punica granatum* L.) VAR. WONDERFUL EN DIFERENTES ZONAS
DE CHILE**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo

ANGELO DE PAOLI BENVENUTO ACEVEDO

PROFESOR GUÍA	CALIFICACIONES
Sr. Nicolás Franck B. Ingeniero. Agrónomo, M.S., Ph D.	5,7
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Gabino Reginato M. Ingeniero. Agrónomo, Mg. Sc.	5,5
Sr. Thomas Fichet L. Ingeniero. Agrónomo, Dr.	6,0

SANTIAGO, CHILE

2013

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por su paciencia y entrega. A mis hermanos Giovanni y Francesca por ser una ayuda y amistad en este camino. A mi abuelo, Carlos, por ser un amigo que siempre estuvo para escucharme y aconsejarme. A don Roberto Sánchez (1915-2007), mi bisabuelo, por ser la persona que hizo que naciera en mí el interés por la agronomía.

A mi profesor guía, Nicolás Franck, por su paciencia y sabiduría en el entendimiento y confección de esta memoria. A Gabino Reginato, por su ayuda en la finalización de este trabajo.

Se agradece al Proyecto INNOVA-Chile (Proyecto Bienes Públicos para la Competitividad: Mejoramiento de la competitividad de la granada chilena para el mercado de exportación en fresco, mediante el uso de protocolos técnicos, de manejo agronómico y sanitario que incrementen la calidad de la fruta producida en el país) código 11BPC-10035 por permitirme realizar este trabajo.

INDICE

RESUMEN	7
SUMMARY	8
INTRODUCCIÓN	9
MATERIALES Y MÉTODOS	12
Lugar de estudio	12
Sistema de conducción	13
Tratamientos	14
Evaluaciones	14
Radiación interceptada	14
Fotosíntesis	15
Cosecha	15
Análisis estadístico	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Variables Fisiológicas	17
Fotosíntesis y conductancia estomática	17
Variación estacional de la fotosíntesis	24
Efecto del sistema de conducción y la carga frutal sobre la productividad y tamaño de fruto	25
Tamaño de árbol	25
Eficiencia Productiva y rendimiento	27
Peso promedio de fruto	31

Distribución de calibres	34
Fracción de radiación interceptada	36
Calidad de la fruta	38
Golpe de sol	38
Partidura	41
Color	42
Ramaleo	43
CONCLUSIÓN	45
BIBLIOGRAFÍA	46

EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE GRANADOS (*Punica granatum* L.) VAR. WONDERFUL EN DIFERENTES ZONAS DE CHILE

RESUMEN

Durante la temporada 2010/2011 se realizó un ensayo con granados 'Wonderful' en Huechún conducido como multieje a 5 x 3 m, región Metropolitana; Cerrillos de Tamaya como copa a 6 x 4 m y Vicuña como copa y eje a 3 x 1,5 m en la región de Coquimbo. El objetivo fue evaluar las relaciones entre el peso promedio de frutos, productividad, intercambio gaseoso, incidencia de golpe de sol, partidura, color y ramaleo en diferentes sistemas de conducción y localidades. Para ello, se seleccionaron diez plantas para cada combinación sistema de conducción-localidad, cada uno sometido a diferentes niveles de carga frutal, regularmente distribuidos entre muy baja y muy alta, ajustada luego del cuaje de la segunda cohorte de floración. La carga frutal se expresó como frutos por unidad de superficie de suelo, área de sección transversal de tronco (ASTT) y fracción de radiación interceptada (FI).

La FI se midió con un Ceptómetro lineal un mes después del ajuste de carga frutal. El intercambio gaseoso se registró mediante un analizador de gases infrarrojo portátil durante la mañana (AM), el mediodía (MD) y el atardecer (PM) durante el período de activo crecimiento del fruto y pre-cosecha. La fruta cosechada, se clasificó de acuerdo a su calibre. Los daños comerciales como golpe de sol, partidura, color y ramaleo, se expresaron como porcentaje.

Se encontró una relación lineal positiva entre la fracción de radiación interceptada y el rendimiento. El peso promedio disminuyó, y la productividad aumentó al aumentar la carga frutal. El intercambio gaseoso aumentó al incrementar la carga frutal. El golpe de sol disminuyó al aumentar la carga mientras la partidura aumentó. El color y el daño por ramaleo no fueron afectados por la carga frutal.

El huerto de Huechún tuvo un alto rendimiento promedio pero con una mayor proporción de frutos pequeños, mientras que en Cerrillos de Tamaya la productividad fue baja. En Vicuña, tanto el sistema de copa como eje, presentaron una alta precocidad, buen tamaño de fruto, baja partidura de frutos, por lo que esta zona y sistema de conducción, si se controla el golpe de sol, se proyectan como adecuadas para la producción de granados.

Palabras clave: intercambio gaseoso, fracción de radiación interceptada, carga frutal, peso promedio, eficiencia productiva

POMEGRANATE (*Punica granatum* L.) VAR. WONDERDUL DIFFERENT TRAINING SYSTEMS EVALUATION IN DIFFERENT ZONES OF CHILE.

ABSTRACT

A trial was conducted during 2010/2011 season, in pomegranate (*Punica granatum* L.) located in Huechún, Metropolitana Region (training as “multileader at 5x3); Cerrillos de Tamaya (training as vase at 6x4) and Vicuña (training as vase and leader at 3x1.5) Coquimbo Region, Chile. The objective was to determine the relationship between fruit mean weight, productivity, gaseous exchange (P^{sat}) y (g_s), and sunburn, cracking, color and russeting effects in different training systems and localities. For this ten plants were selected for own training system and locality, each tree was subjected to different level of crop load, evenly distributed between very low and very high, adjusted after fruit set of second cohort flowering. The crop load was expressed as fruits for unit area, trunk cross-sectional area (TCSA) and intercepted radiation fraction (FI).

The intercepted radiation fraction was measured with a lineal ceptometer, one month before crop load adjustment. The gaseous exchange was measured with a portable infrared gas analyzer during afternoon, mid-day and moorning during active fruit growth and pre-harvest. The crop was classified accord to fruit size. The commercial damage with sunburn, cracking, color and russeting were expressed as percentage.

Was found a lineal positive relation between the intercepted radiation fraction and yield. The mean weight decreased and yield increase with increasing crop load. The gaseous exchange increases with crop load. Sunburn decreases with crop load, but cracking increases. No relation between color, russeting with the crop load were observed.

The higher yield was obtained in Huechún, but a high proportion of little fruit was observed; yield in Cerrillos de Tamaya was low. The vase and central leader in Vicuña have a high precocity, big fruits, and low cracking incidence. If sunburn damage is controlled project vicuña as a good area for pomegranate production in Chile.

Keywords: gaseous exchange, intercepted radiation fraction, crop load, mean weight, efficiency yield.

INTRODUCCIÓN

El granado (*Punica granatum* L.) es un arbusto nativo de la zona del Asia Central (Irán) y la cuenca del mediterráneo (Sudzuki, 1988, Braga *et al.*, 2005). Esto le confiere una alta resistencia a la sequía y a condiciones de salinidad, que otros frutales no pueden tolerar (Hogdson, 1917). Actualmente el consumo de granada, como fruto fresco, ha tenido un crecimiento explosivo en los grandes mercados, principalmente debido a que su jugo tiene un alto contenido de polifenoles que tienen una actividad funcional en el organismo, (Hartman *et al.*, 2006).

Existen dos tendencias en la formación del granado, la primera, y más utilizada, es la de respetar el hábito basitónico de la especie, dejando que se desarrollen 3 a 5 troncos principales como soporte de la producción donde las ramas se conducen como un vaso abierto (Sudzuki, 1988 y Blumenfeld *et al.*, 2000). El segundo método usado es dejar un solo tronco, usado ampliamente en Israel (Blumenfeld *et al.*, 2000), en que se deja crecer la copa sobre 30 cm desde la base (Sudzuki, 1988).

La productividad de un huerto dependerá de la fotosíntesis, respiración y disponibilidad e interceptación de luz (Wünsche *et al.*, 1996). La disponibilidad de luz es inmanejable por ser dependiente del clima. La capacidad de captar luz fotosintéticamente activa dependerá del sistema de conducción, índice de área foliar (IAF) y largo de la estación de crecimiento (Wünsche *et al.*, 1996). Dentro de esa línea, estos autores señalan que la interceptación de luz se relaciona en forma directa con la fotosíntesis y esta, a su vez, con el IAF de la copa, por lo tanto, ésta es la principal limitante a la productividad del huerto y la única vía de manejo para influenciar la productividad potencial es el diseño del sistema de conducción que maximice la radiación interceptada.

Estudios realizados en manzano y en granado señalan que al aumentar la interceptación de radiación, aumenta el rendimiento (Wünsche *et al.*, 1996; Wünsche *et al.*, 2000, Gill *et al.*, 2011). Sin embargo, Lakso (1994), citado por Wünsche *et al.*, (1996), señala que, cuando la fracción de radiación interceptada (FI) sobrepasa el 60%, los rendimientos decaen, producto de malas prácticas de poda que llevan a un excesivo sombreado. Balasubramanyan *et al.* (1997) señalan que los sistemas de multieje tienen un efecto positivo sobre el rendimiento del granado, ya que dicho sistema, tipo arbusto, genera un alto índice de área foliar que capta una alta radiación solar que se traduce en un mayor tamaño de fruto. Esto también fue observado en cerezos por Whiting *et al.* (2005) cuando comparó sistemas de arbusto, eje central, palmeta e Y-trellis.

Al aumentar la cobertura vegetal de un huerto de durazneros conserveros se pudo asegurar el crecimiento de una mayor cantidad de frutos por planta, aumentando así la producción por árbol (Ojer *et al.*, 2002; Ojer *et al.*, 2009; Yuri *et al.*, 2011). En la misma línea, Chaar y Saánchez (2010) encontraron que la eficiencia productiva (kg de fruta por cm² de área de sección transversal de tronco [ASTT]) en ciruelos d'Ágen fue mayor en árboles con mayor

carga frutal. Sin embargo, al aumentar la carga frutal, se obtienen frutos de menor tamaño (Ojer *et al.*, 2001; Ojer *et al.*, 2002; Ojer *et al.*, 2009; Chaar y Sánchez, 2010). Así, Yuri *et al.* (2011) encontraron que un 15% de la producción de fruta en manzanos con alta carga frutal corresponde a los mayores calibres (frutos de menor diámetro), mientras las plantas de baja carga solo registraron un 7% de estos calibres. Ello ocurre dado que al disminuir el número de frutos mediante el raleo, mejoró la relación hoja/fruto, incrementándose el total de asimilados disponibles para aumentar el tamaño de los frutos; por otro lado, parte de la producción extra de metabolitos es desviada al crecimiento vegetativo de la planta (Ojer *et al.*, 2001; Ojer *et al.*, 2009).

Los frutos, al ser un fuerte sumidero de asimilados, pueden disminuir el crecimiento vegetativo, disminuyendo la interceptación de la radiación solar de los árboles y la futura productividad del huerto (Yuri *et al.*, 2011). En este sentido, los árboles con alta carga frutal presentan una elevada asimilación de CO₂ por unidad de área de hoja durante el crecimiento rápido del fruto de manzano (Wünsche *et al.*, 2000; Yuri *et al.*, 2011). Existe además una relación positiva y lineal entre fotosíntesis y carga frutal (Palmer *et al.*, 1997; Giuliani *et al.*, 1997a; Giuliani *et al.*, 1997b; Wünsche *et al.*, 2000; Wünsche *et al.*, 2005). Esto puede ser debido a que los árboles que poseen altas cargas frutales tienen una menor resistencia a la difusión de gases, lo cual permite una mayor pérdida de agua por transpiración (Wünsche *et al.*, 2000).

En vista de los antecedentes, y considerando que en granado no existe investigación suficiente sobre sistemas de conducción, es necesario conocer las respuestas productivas, fisiológicas y de calidad de fruta de diferentes sistemas de conducción utilizados en plantaciones comerciales del granado, con el fin de poder generar conocimientos enfocados a mejorar la productividad y calidad de fruto en los sistemas de producción comercial de granado en Chile.

Hipótesis

La productividad del granado se correlaciona positivamente con la radiación interceptada por las plantas de granado, por lo que los sistemas de conducción que aumentan la radiación interceptada y las localidades con mayor disponibilidad de radiación solar incidente, tienen mayor potencial productivo.

Los objetivos del estudio son los siguientes:

Objetivo general

- Evaluar parámetros productivos, fisiológicos y de calidad de fruta en diferentes sistemas de conducción y localidades en huertos comerciales de granado variedad Wonderful en las regiones de Coquimbo y Metropolitana.

Objetivos específicos

- Estimar la fracción de radiación interceptada (FI) de diferentes sistemas de conducción del granado.
- Establecer la relación entre el rendimiento, tamaño de fruto y la carga frutal expresada como frutos por unidad de superficie de suelo, ASTT y FI.
- Establecer las posibles relaciones entre la carga frutal y parámetros fisiológicos, tales como, fotosíntesis a radiación saturante (P^{sat}) y la conductancia estomática (g_s), y sus variaciones a lo largo del día y de la temporada de crecimiento.
- Establecer los efectos de los sistemas de conducción, localidades y la carga frutal sobre parámetros comerciales de los frutos: color, daños por ramaleo, golpe de sol y partidura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Los ensayos se realizaron en tres huertos comerciales de granado (*Punica granatum* L.): Huechún, Comuna de Tiltil, región Metropolitana (70°45'14,14"O - 33° 5'0,15"S), Agrícola Tamaya (70°23'52,37"O - 27°19'22,15"S) en el camino Quebrada Seca km 9, Ovalle y Agrícola Santa Carmen (70°43'47,09"O y 30° 1'26,96"S), en la localidad de Vicuña, región de Coquimbo.

El huerto ubicado en la localidad de Huechún se encuentra inserto dentro de la macro-zona definida como valle central interior (Santibáñez, 2011). Ésta posee temperaturas promedio que van desde los 12°C en julio hasta los 28,5°C en enero, con una acumulación de días-grado (base 10°C) de 981, una humedad relativa media anual del 70% y una precipitación anual de 369,8 mm (Santibáñez y Uribe, 1993). Sus características edáficas no son compatibles con la serie del mismo nombre, según lo descrito en el Estudio Agrológico de la Región Metropolitana de CIREN (1996), ya que el sustrato se caracteriza por ser un suelo derivado de sedimentos aluvio-coluviales en posiciones planas con bajas pendientes (1 al 2%), con un horizonte cálcico y grietas dentro de los primeros 150 cm de profundidad. Superficialmente presenta textura franca y color pardo muy oscuro y textura franco a franco arenosa, con presencia de bolones, y color pardo muy oscuro a gris muy oscuro en profundidad y se considera bien drenado.

La Agrícola Tamaya se ubica en la macro-zona definida como valle central con influencia marina (Santibáñez, 2011), que se caracteriza por tener una temperatura mínima promedio anual de 13,2°C y una máxima promedio de 28,8°C, con una acumulación de días-grado (Base 10°C) de 1181, una humedad relativa media anual del 65%, con una precipitación anual de 190 mm (Santibáñez y Uribe, 1993). Su suelo coincide con la serie Tuquí, descrita en el Estudio Agrológico de la Región de Coquimbo de CIREN (1994), que se caracteriza como un suelo sedimentario, ligeramente profundo, formado a partir de sedimentos provenientes de rocas básicas. Presenta estructura prismática y grietas, lo que le da características vérticas. De textura superficial franco arcillosa y color pardo rojizo oscuro, y de textura arcillosa y color pardo rojizo en profundidad. Descansa sobre un sustrato muy compactado que impide el desarrollo radical en profundidad, formado por gravas redondeadas con matriz arcillo arenosa. El subsuelo presenta manchas de carbonato de calcio y en el sustrato aumenta notoriamente el contenido de carbonato de calcio. Suelo de permeabilidad moderadamente lenta, de buen drenaje y que presenta de escasa a ligera pedregosidad superficial.

La Agrícola Santa Carmen se encuentra en la macro-zona del valle central interior (Santibáñez, 2011), la cual se caracteriza por temperaturas promedio que oscilan anualmente entre los 12,2°C y los 28,7°C, presenta una acumulación de días-grado (base 10°C) de 1123, con una humedad relativa media anual del 62% y precipitación acumulada anual de 124,7 mm (Santibáñez y Uribe, 1993). El suelo se caracteriza por ser sedimentario,

formado a partir de materiales de tipo andesítico, ligeramente profundo. Ocupa una posición de piedemonte con diferentes grados de pendiente. De textura superficial franco arcillosa a franco arcillo limosa, color pardo oscuro, de textura arcillosa y color pardo rojizo oscuro en profundidad. Presenta gravas angulares de tipo andesítico en todo el perfil y algunas se presentan parcialmente meteorizadas. Descansa sobre un substrato constituido por bolones y gravas angulares con matriz arcillosa; de permeabilidad moderadamente lenta y buen drenaje. Este suelo coincide con la serie Coirón descrita en el Estudio de CIREN (1994) para la región de Coquimbo.

Sistemas de conducción

Se evaluaron los sistemas de conducción multieje, copa abierta y eje. El primero consistió en un sistema conducido sobre múltiples ejes ortotrópicos que emergían desde la superficie del suelo. La copa abierta se definió como aquel sistema que poseía un único eje central desde el cual nacen las ramas primarias. El sistema de conducción en eje consistió en un tronco principal desde el cual salían ramas primarias que sostenían la producción, esto dentro de una estructura de soporte compuesta por alambres que impiden la caída de ramas por el peso de los frutos.

El huerto ubicado en Huechún estaba conducido como multieje, en un marco de plantación de 3 x 5 m, con una densidad de 666 plantas/ha; el huerto tenía una edad de 6 años y se riegaba mediante un sistema de goteros cada 1 metro en doble línea, con un caudal de 4 L/h. En el huerto de Agrícola Tamaya el sistema utilizado fue de copa en un marco de plantación de 6 x 4 m; con una densidad de 467 plantas/ha, goteros cada 1 metro, en doble línea, con un caudal de 4 L/h, y una edad de 14 años. Agrícola Santa Carmen poseía un sistema de eje dispuesto en un plantación de 3 x 1,5 m, con una densidad de 2222 plantas/ha, junto con plantas conducidas como copa abierta, bajo el mismo marco de plantación; en ambos casos las plantas tenían 3 años y fueron regadas mediante sistema de goteros de doble línea distanciados sobre la hilera de plantación a 0,5 metros, con un caudal de 4 L/h.

Tratamientos

Para cada predio y sistema de conducción se eligieron, a fines de diciembre de 2010, 10 plantas sanas y homogéneas (40 en total) a las cuales se les midió el perímetro de tronco a 20 cm de altura, lugar donde el tronco es más uniforme, de manera de estimar su ASTT asumiendo una sección circular.

Carga frutal

Se contabilizó todos los frutos presentes por árbol en cada predio y sistema de conducción; luego se establecieron diez niveles de carga frutal (evaluada como frutos/cm² de ASTT) distintas mediante raleo manual para los diez árboles seleccionados en cada predio: 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 y 100% de la carga máxima medida en cada predio.

Evaluaciones

Las mediciones se realizaron en dos etapas: la primera durante el período de crecimiento del fruto, y una segunda etapa que se realizó al momento de la cosecha.

Fracción de radiación interceptada

En las plantas que se seleccionaron para el estudio se evaluó la radiación interceptada un mes después de establecer los niveles de carga frutal; esto se realizó tres veces al día (2 y 4 horas antes, o después del mediodía y a mediodía), las mediciones que se hicieron 2 y 4 horas antes o después del mediodía se ponderaron por dos, asumiendo que la radiación fue simétrica durante el día. La radiación fotosintéticamente activa interceptada (PAR_{ni}) se obtuvo mediante un Ceptómetro lineal modelo Sun Scan tipo SS1 (Delta-T Devices Cambridge, Inglaterra), consistente en una barra de 1,0 m de longitud que integra 64 sensores sensibles a la radiación fotosintéticamente activa (PAR), homogéneamente distribuidos a lo largo de la barra. Las lecturas se realizaron a 0,20 m desde el suelo, bajo la copa del árbol. Se siguió un patrón regular, realizando mediciones cada 0,5 m, cubriendo el área asignada para cada árbol, desde la mitad de una entre hilera hasta la mitad de la siguiente. La PAR incidente sobre el huerto (PAR_0) se obtuvo en una zona despejada, alejada del cultivo, antes de comenzar una medición durante los tres momentos del día.

La fracción de radiación interceptada se calculó como:

$$FI = \frac{PAR_o - PAR_{ni}}{PAR_o}$$

Donde,

FI= Fracción de la radiación interceptada.

PAR_o= Radiación incidente sobre el huerto.

PAR_{ni}= Radiación que llega al suelo sin ser interceptada por el árbol.

Fotosíntesis y conductancia estomática

Con el fin de evaluar el efecto de la carga frutal sobre el intercambio gaseoso (tasa fotosintética neta a radiación PAR saturante [P_n^{sat}] y la conductancia estomática [g_s]) de las hojas, se marcaron previamente dos brotes en la zona media de la copa, en la exposición este y oeste; a cada brote se le marcó una hoja completamente expandida y expuesta al sol, en las plantas con niveles de carga de 100; 70; 40 y 10%. Luego se registraron estos parámetros mediante un analizador portátil de gases infrarrojo (IRGA; LCPro, ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, R.U.); estas mediciones se realizaron en la mañana (9:00-10:30), aplicando una intensidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR) de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ mediante la lámpara del equipo, regulando la temperatura de la hoja (T_h) a 25°C. Posteriormente, se realizó un seguimiento de la evolución diurna de la fotosíntesis neta, P_n y g_s , realizando mediciones instantáneas bajo las condiciones de radiación naturales en la primera hoja expandida desde el ápice del brote expuesta a la luz en los siguientes horarios: 9:00-10:30, 12:00-13:30, 15:00-16:30. Las mediciones de intercambio gaseoso fueron realizadas en dos épocas: una entre fines de enero y mediados de febrero y una durante fines de marzo (Vicuña) y mayo (Cerrillos de Tamaya y Huechún), antes de la cosecha.

Cosecha

La cosecha de la fruta en todos los huertos, se realizó una vez alcanzada la degradación completa del color de fondo verde y la aparición de color de cubrimiento rojo, con 14°Brix y una acidez del 2% en base de ácido cítrico. Al momento de la cosecha, en cada árbol, se evaluó:

- Peso individual de todos los frutos de cada planta.
- Número de frutos por planta.
- Peso total de la fruta cosechada.
- Color de cada fruto.
- Calidad comercial de la fruta (presencia o ausencia de golpe de sol, partidura y daño por ramaleo).

Para cada planta se realizó una distribución de calibres, para ello cada fruto se separó en categorías comerciales de acuerdo a su peso en grandes (G), medianas (M) y pre calibre (p).

Cuadro 1. Rango de peso para la separación de los frutos en calibre comercial de granados.

Categoría de calibre (N° frutos/caja de 4 kg)	Peso mínimo (g)	Peso máximo (g)	Clase
<8-12	320	1000	G
14-24	160	320	M
Precalibre	1	160	p

El color se evaluó mediante el porcentaje de color de fondo y de cubrimiento de los frutos en fondo verde (V), cubrimiento rosado (Ro) y cubrimiento rojo (R). El criterio para definir las categorías fue que al menos presentaran un 50% de la superficie del fruto con algunos de los tonos señalados.

Para la evaluación de la calidad de la fruta se evaluó el porcentaje de frutos que presentaron daño por golpe de sol, separándolos en tres niveles de daño: sana (sin daño por sol); daño leve (coloración amarilla en la zona expuesta); daño severo (coloración parda, daño lenticelar, indicios de partidura de la piel en zona expuesta). El ramaleo fue evaluado como sana (sin ramaleo); daño leve (presencia de ramaleo inferior a 5 cm de la superficie) y daño severo (presencia de ramaleo mayor a 5 cm). La partidura se evaluó como presente o ausente en los frutos, lo que se expresó como porcentaje de frutos con partidura.

Análisis estadístico

Los resultados de cada huerto se analizaron con análisis de regresión, donde la carga frutal, ya sea como frutos por m^2 de suelo, cm^2 de ASTT o frutos/ m^2_{FI} fueron las variables independientes las variables dependientes fueron rendimiento expresado en función de ASTT o $kg \cdot m^2/FI$, y peso de fruto, en gramos. Luego estos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA). La carga frutal se utilizó como covarianza, cuando la regresión fue lineal. Se aplicó la metodología de Stover *et.al.* (2001) cuando la regresión no fue lineal. Para el análisis de las pendientes se utilizó el método de las variables dummy. Los valores de fotosíntesis y conductancia estomática fueron expresados en función de la carga frutal, expresada como frutos/ m^2_{FI} . También se utilizaron correlaciones donde la variable independiente fue el momento del día mañana (AM); mediodía (MD) y tarde (PM), la carga frutal como frutos/ m^2_{FI} y la conductancia estomática (g_s) y las variables dependientes fueron fotosíntesis (P^{sat}), transpiración (T) y la conductancia estomática (g_s). Se utilizaron correlaciones entre la carga frutal expresada en frutos/ m^2_{FI} y ramaleo, golpe de sol, color y partidura evaluadas como porcentaje, previa transformación angular de bliss. En todos los casos se utilizó el programa de análisis estadístico InfoStat (2012e).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fisiológicas

Fotosíntesis y conductancia

La fotosíntesis medida durante la estación de crecimiento del fruto se correlacionó de forma lineal y positiva con la carga frutal no considerando las mediciones de Cerrillos de Tamaya ($r=0,59$). La regresión entre la carga frutal y la fotosíntesis promedio resultó significativa solo durante la mañana ($R^2=0,38$) (Figura 1 y Cuadro 2). Los mayores valores promedio de este parámetro son para HM con $15,2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, seguido de VC con $11,3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, con VE $10,95 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y CT $8,63 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Se observó que VC y VE presentaron una menor asimilación en relación al huerto con la mayor carga (HM); asimismo, se observó una menor asimilación de CT que el resto de los huertos (Figura 1).

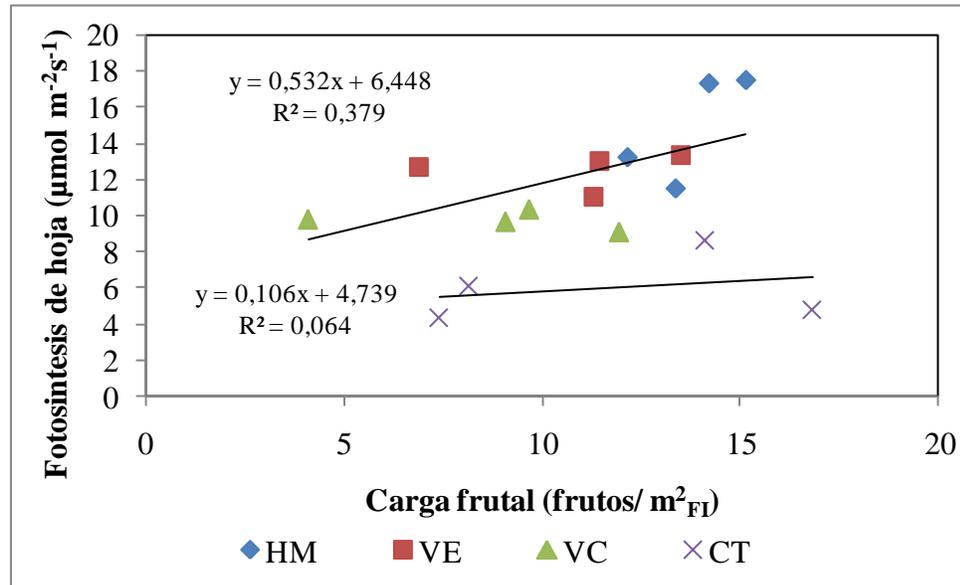


Figura 1. Efecto de la carga frutal expresada como frutos/m² FI sobre la fotosíntesis neta a radiación saturante (P^{sal}) en la mañana (AM) durante el período de pleno crecimiento del fruto en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya Copa (CT).

Un efecto de la carga frutal sobre la fotosíntesis ha sido previamente reportado para otras especies. Así, a una mayor carga frutal existe un aumento de la tasa fotosintética observada en manzanos (Palmer *et al.*, 1997; Giuliani *et al.*, 1997a; Giuliani *et al.*, 1997b; Wünsche *et al.* 2000; Wünsche *et al.*, 2005), naranjos (Syvertsen *et al.*, 2003) y cafeto (Franck *et al.*, 2006; Franck y Vaast 2009). Palmer (1992) y Syversten *et al.* (2003) encontraron una disminución del 50% y 40% en la tasa fotosintética en plantas con baja o nula carga frutal comparado con plantas altamente cargadas, respectivamente. Giuliani *et al.* (1997a) y Wünsche and Palmer (1997), al utilizar rangos de carga frutal más estrechos no obtuvieron

diferencias significativas de la fotosíntesis de hoja entre los diferentes niveles de carga frutal; pero, al comparar entre los tratamientos con y sin carga frutal, la fotosíntesis fue mayor en los primeros. Por otro lado, en otros estudios en manzanos, en los cuales se ha utilizado un amplio rango de carga frutal (como en este estudio), se observaron diferencias (Palmer *et al.*, 1997). Estos autores encontraron una respuesta asintótica de la fotosíntesis a altas cargas frutales (expresada en términos de área foliar) y lineal y positiva a cargas menores a 12 frutos m^{-2} área foliar, en el presente estudio no se observó el comportamiento asintótico lo que indica que no se alcanzaron niveles de carga frutal lo suficientemente elevadas.

Los efectos de la carga frutal sobre la fotosíntesis observados durante el período de activo crecimiento del fruto (Figura 1) no se expresaron en el período de precosecha. Este resultado es congruente con otros estudios, en los que se determinó que las diferencias en la fotosíntesis inducidas por la carga frutal, se presentan principalmente a mitad de temporada coincidiendo con la máxima demanda de asimilados por los frutos (Fujii y Kennedy 1985; Wünsche y Palmer 1997; Giuliani *et al.*, 1997a; Palmer *et al.*, 1997).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre la fotosíntesis neta a radiación saturante (P^{sat}) y la carga frutal (Frutos/FI) durante el día en huertos con Cerrillos de Tamaya (Con CT) y sin Cerrillos de Tamaya (Sin CT).

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r) entre P^{sat} y Frutos/ m^2 FI			
	Promedio	AM	MD	PM
		Horario		
Con CT	0,36	0,29	0,32	-
Sin CT	0,59	0,62	0,37	0,56

Las razones que explican esta regulación de la asimilación por la cantidad de sumideros se encuentra bien documentada (Syversten *et al.*, 2003; Palmer *et al.*, 1997; Wünsche and Palmer 1997; Wünsche *et al.*, 2005). Se ha asociado a efectos hormonales que afectan la conductancia estomática (g_s), así como a una señal mediada por la acumulación de azúcares en las hojas (Wünsche *et al.*, 2000; Franck *et al.*, 2006). En relación a este último efecto, este se da a mediados de temporada y consiste en una acumulación de almidón o sacarosa en las hojas de plantas con baja carga frutal, lo cual produce un efecto de inhibición de la fotosíntesis (Franck *et al.*, 2006; Wünsche *et al.*, 2005; Wünsche y Palmer 1997).

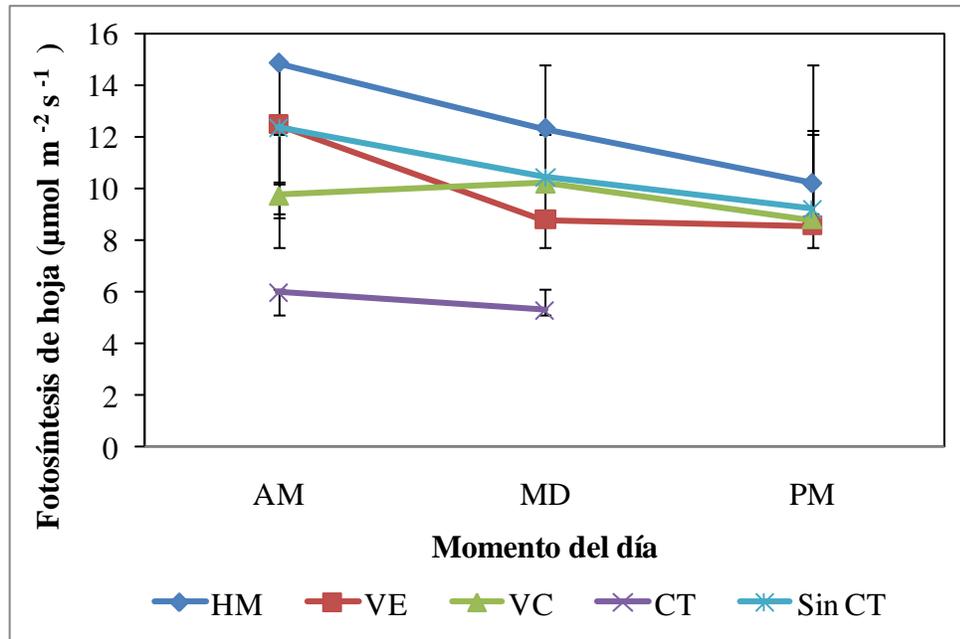


Figura 2. Evolución diaria de la fotosíntesis neta de hoja a radiación saturante (P^{sat}) durante pleno crecimiento del fruto en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT) y promedio sin Cerrillos de Tamaya. Para HM, VE, VC y Sin CT se presenta el valor promedio y su desviación estándar (barras).

La disminución de la fotosíntesis, a lo largo del día (Figura 2), fue significativa ($p \leq 0,05$), así como la correlación entre ambas variables (carga frutal y P^{sat}) disminuyó conforme pasó el día (Cuadro 2). Existió una fuerte disminución de estos valores al llegar el mediodía (Figura 2) cayendo en un 30% y un 17% en VE y HM respectivamente; en tanto que en VC existió una tendencia lineal durante el día. Cerillos de Tamaya, en cambio, presenta un tendencia lineal durante la jornada con menores tasas de fotosíntesis.

La disminución de la fotosíntesis, a lo largo de la jornada, se encuentra bien documentada en manzanos (Gucci *et al.*, 1994; Giuliani *et al.*, 1997a), olivos (Angelopoulos *et al.*, 1996), duraznero (Correia *et al.*, 1997) y cafeto (Franck *et al.*, 2006; Franck y Vaast 2009). En el caso de este ensayo, las diferencias observadas pueden deberse a variaciones de la conductancia estomática la cual se encuentra altamente relacionada a la fotosíntesis (Figura 3). La disminución de la conductancia estomática (Cuadro 2) puede ser asociada al aumento del déficit de presión de vapor (DPV) de la atmósfera y el aumento de la temperatura a lo largo de la jornada las cuales limitan la apertura estomática (Flore y Lakso 1989; Angelopoulos *et al.*, 1996).

Se ha visto que la carga frutal también tiene un efecto sobre la variación diaria de la fotosíntesis. Al respecto, Gucci *et al.* (1994) y Franck *et al.* (2006) observaron que cuando la conductancia estomática no es limitante a altas cargas frutales, la disminución de la fotosíntesis se debe más a una regulación de retroalimentación negativa de los sumideros,

los cuales fuerzan a disminuir la tasa de asimilación durante el atardecer producto de un aumento de la concentración de azúcares solubles en las hojas. No obstante lo anterior, en este ensayo la conductancia estomática resultó ser limitante a lo largo de la jornada (Figura 5), por lo que se sugiere que la disminución en la tasa fotosintética, experimentada en HM durante el atardecer se explicaría en mayor parte por factores climáticos que limitan la conductancia estomática.

En Cerrillos de Tamaya la variación de la fotosíntesis fue nula durante el día. Sin embargo, y contrario a lo anterior, la baja carga no explicaría los resultados, ya que este huerto presentaba cargas frutales similares a HM. Por otro lado se observó asimismo una baja g_s (Figura 3) lo cual podría indicar algún efecto de estrés hídrico.

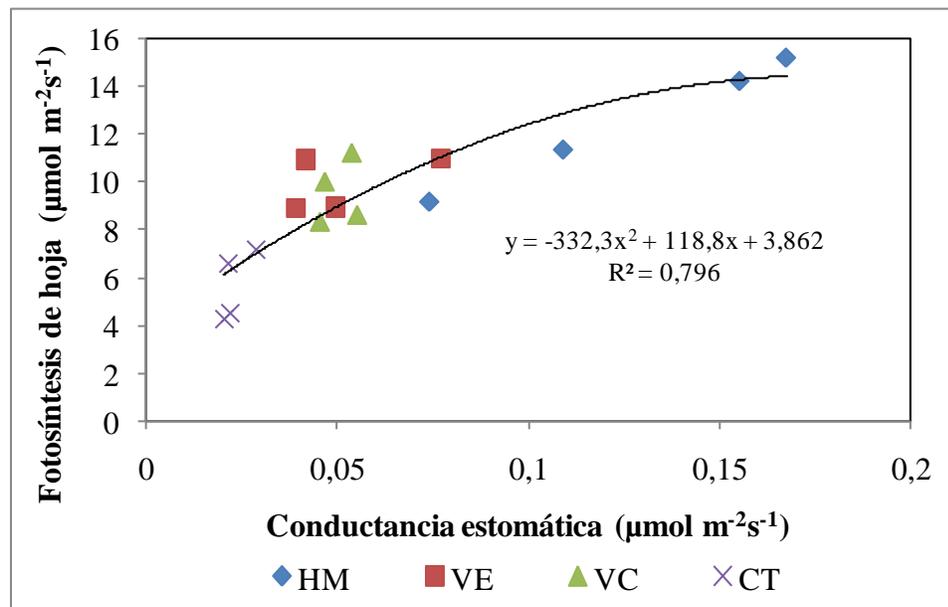


Figura 3. Fotosíntesis neta a radiación saturante como función de la conductancia estomática promedio de hoja durante pleno crecimiento del fruto en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

La fotosíntesis y la conductancia estomática presentaron una relación polinómica y positiva. HM alcanzó los mayores valores en ambas variables, seguidas de VC y VE; los menores valores se obtuvieron en CT. La correlación entre ambas variables, g_s y P^{sat} , durante el día y su promedio se presentan en la Cuadro 3 donde se apreció una menor correlación acorde pasó la jornada.

Giuliani *et al.* (1997b) indican que existe una relación positiva entre la carga frutal y g_s , y señalan que aún no es posible saber el verdadero mecanismo involucrado en esta regulación. Estos autores plantean las siguientes hipótesis para explicar dicha relación: (i) las hojas ajustarían una concentración constante de CO_2 en la cavidad subestomática (C_i) por lo que la conductancia estomática aumentaría en respuesta a la remoción de carbono de los espacios intercelulares por la fotosíntesis, (ii) por medio de una mejora de la actividad fotosintética por el aumento de la carga frutal, lo que estimula la conductancia y (iii) la influencia de factores fitohormonales.

Existió una correlación significativa entre la fotosíntesis (P^{sat}) y la transpiración de hoja (T) (Wünsche *et al.*, 2000). Al disminuir la carga frutal existirá una menor fotosíntesis y conductancia estomática (Figura 4), por lo tanto la conductancia limita la transpiración. Asimismo la variación diaria de la transpiración estará determinada por factores medioambientales, como el déficit de presión de vapor y bajo este análisis por la carga frutal.

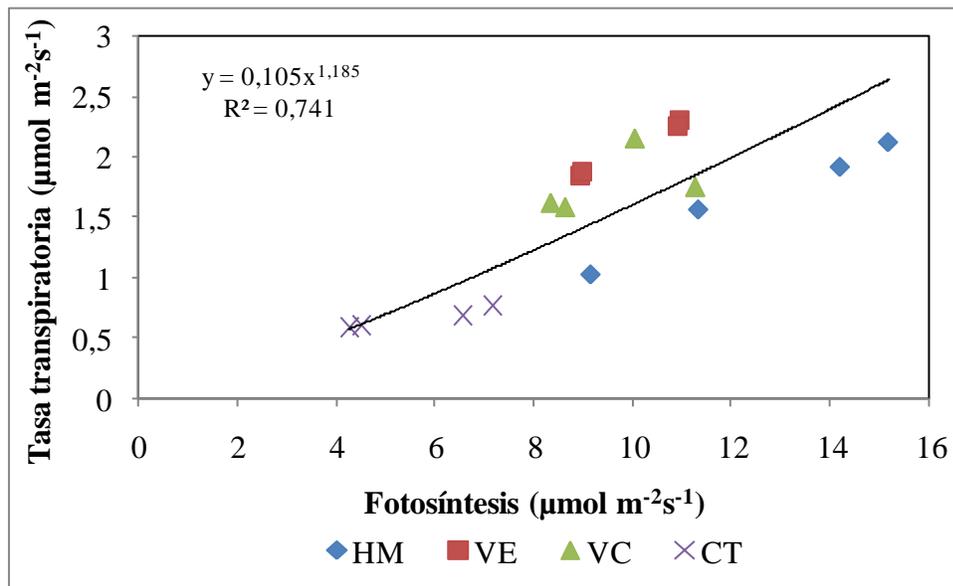


Figura 4. Tasa transpiratoria como función de fotosíntesis neta a radiación saturante en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre la fotosíntesis neta a radiación saturante (P^{sat}) y la conductancia estomática (g_s) en distintos momentos del día en huertos con Cerrillos de Tamaya (Con CT) y sin Cerrillos de Tamaya (Sin CT).

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r) entre P^{sat} y g_s			
	Promedio	AM	MD	PM
Con CT	0,87	0,89	0,75	-
Sin CT	0,88	0,87	0,78	0,73

La variación diaria de la g_s y su relación con la carga frutal se presentan en la Figura 5 y Cuadro 4 respectivamente. Existió un efecto significativo de la carga frutal sobre este parámetro ($p \leq 0,05$) mediante una regresión lineal, asimismo se obtuvieron altas correlaciones de la (g_s) durante la variación del día; a pesar de que esta disminuyó a lo largo del día (Figura. 5). En promedio, se alcanzaron los mayores valores de g_s durante la mañana (AM), disminuyendo fuertemente al mediodía a un 54% en promedio en ese período y manteniéndose durante el atardecer (PM). Los mayores promedios diarios de g_s fueron alcanzados por HM con $0,127 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, seguido por los huertos en Vicuña con $0,05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y, finalmente, CT con el valor más bajo ($0,023 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

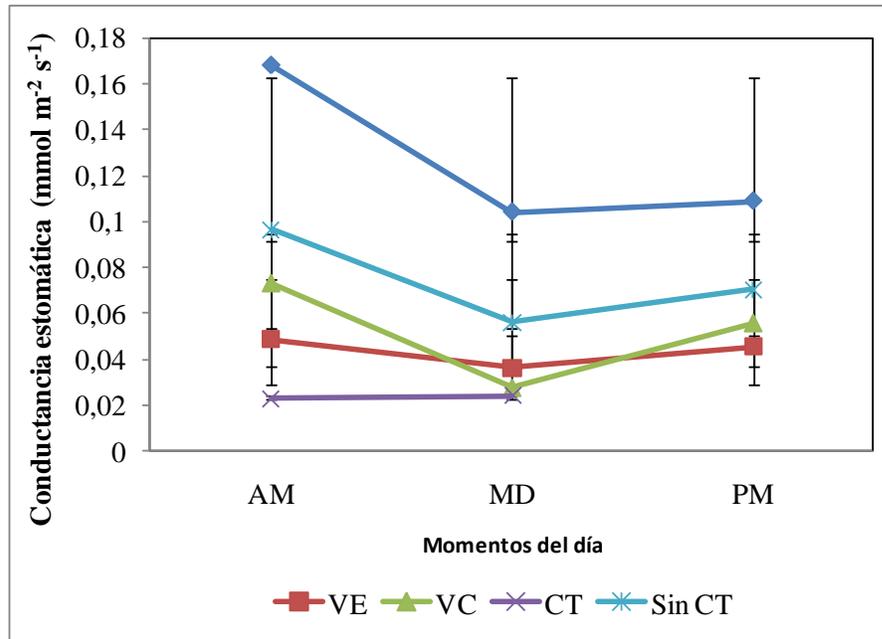


Figura 5. Conductancia estomática foliar en distintos momentos del día en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT) y sin Cerrillos de Tamaya (Sin CT).

Cuadro 4. Correlación entre la carga frutal (frutos/ m²_{FI}) y conductancia estomática (g_s) a lo largo del día en huertos incluyendo a Cerrillos de Tamaya (Con CT) y sin Cerrillos de Tamaya (Sin CT).

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r) entre P^{sat} y g_s			
	Promedio	AM	MD	PM
		Horario		
Con CT	0,38	0,30	0,38	-
Sin CT	0,60	0,52	0,54	0,71

La variación diaria de la conductancia estomática permite asegurar que, en la mayoría de los huertos (Sin CT), existe un efecto de la carga frutal sobre los resultados (Cuadro 5). Sin embargo, en el caso de CT, se observa una menor g_s lo cual puede ser atribuido a estrés hídrico (Correia *et al.*, 1997). Al respecto, Medrano *et al.* (2002) señalan que valores menores a $0,05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ indicaron un estrés hídrico fuerte en vides, valor superior al registrado en CT. Este déficit hídrico puede explicar la baja correlación de P_{sat} y g_s con la carga frutal, por estar ambas variables limitadas por estrés hídrico, dicho efecto enmascararía el efecto de la carga frutal.

Variación estacional de la fotosíntesis

Se presentan los valores de variación estacional de la fotosíntesis a lo largo de la temporada (Cuadro 5). Estos reflejaron una pequeña alza entre los dos períodos de medición en los huertos con menor carga, pero una fuerte baja en el huerto que presentó las mayores cargas (HM). Fujii y Kennedy (1985); Wünsche y Palmer (1997); Wünsche *et al.* (2005) han encontrado que el comportamiento de la fotosíntesis a lo largo de la temporada tiende a una disminución ya que, al llegar a cosecha, una menor cantidad de asimilados serían necesarios para lograr el crecimiento del fruto. Esto se refleja claramente con HM, pero no en el caso de VC, VE, para los que la tasa fotosintética se mantuvo a niveles similares al llegar a cosecha.

Cuadro 5: Fotosíntesis neta a radiación saturante (P^{sat}) en distintos huertos en dos etapas del período de crecimiento de los frutos.

Tratamiento	Huerto			
	HM	VC	VE	CT
Pleno crecimiento	14,6	9,6	9,9	5,2
Antes de cosecha	5,2	10,3	10,5	5,0

Efecto del sistema de conducción sobre la productividad y tamaño de fruto

Tamaño del árbol

Para analizar las diferencias entre los huertos éstos se separaron en jóvenes (3 años) (Figura 6) y maduros (6 y 14 años) (Figura 7). VE tuvo un promedio de $21,1 \pm 3,2 \text{ cm}^2$ de ASTT mientras VC, HM y CT tienen $14,7 \pm 3,5$; $240 \pm 59,9$ y $277,2 \pm 83,5 \text{ cm}^2$ de ASTT, respectivamente.

El área de sección transversal de tronco está relacionado con el área foliar de un árbol y su radiación interceptada, por lo que es reflejo del tamaño de un árbol. Según Reginato (2002), esta relación es mucho más estrecha durante los primeros años de crecimiento, hasta que se ocupa el espacio asignado por el marco de plantación (Robinson y Lakso 1991). Sin embargo, tanto en los huertos jóvenes como adultos del presente estudio no se observó una correlación significativa entre el ASTT y la FI, para ninguno de los dos huertos (Figura 6 y 7).

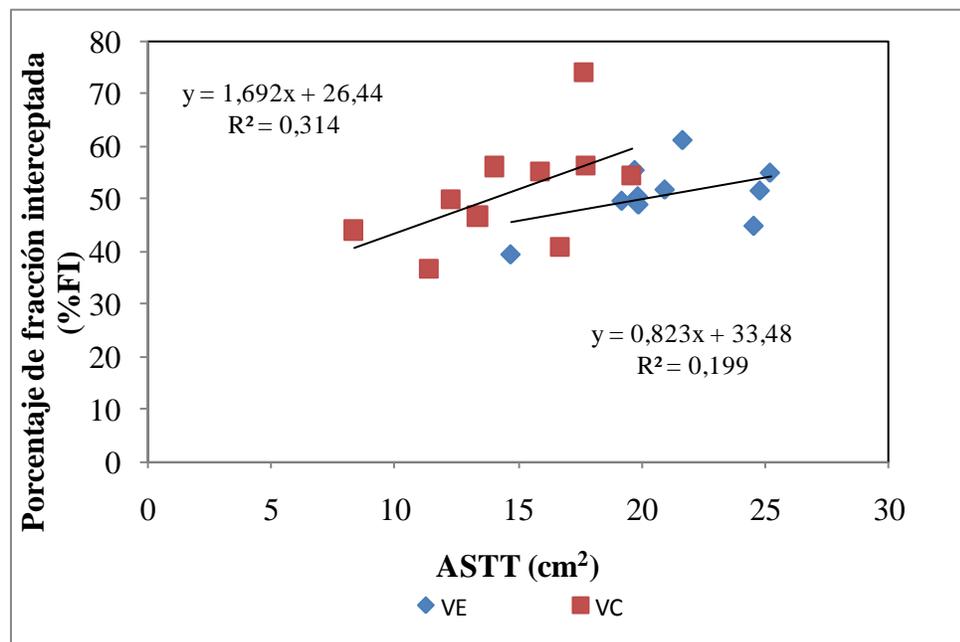


Figura 6. Relación entre el área de sección transversal de tronco (ASTT) y la fracción de radiación interceptada (FI) en 2 sistemas de conducción jóvenes (3 años) Viciaña eje (VE) y Viciaña copa (VC) en granados variedad Wonderful.

En los huertos maduros no existió una correlación significativa entre el ASTT y la radiación interceptada (Figura 7). Cuando los huertos entran en madurez comienza un proceso de sombreado entre plantas y dentro de las plantas, lo que hace necesario el uso de podas para iluminar estas zonas y eliminar la madera improductiva, las que disminuyen su índice de área foliar (IAF) (Reginato *et.al.*, 2007a). Al respecto Autio *et al.*

(1996), al comparar entre árboles podados y no podados la relación entre la ASTT y la superficie de suelo cubierto, encontraron que los primeros tienden a cubrir una menor superficie del suelo que los no podados, disminuyendo su tamaño de copa y su radiación interceptada (Rom, 1991); esto explica la ausencia de correlación que se encontró en este grupo de huertos.

La diferencia entre la magnitud del ASTT de HM y CT se pueden atribuir a la diferencia de años de plantación entre los dos huertos y a sus diferentes marcos de plantación, al respecto Robinson y Lakso (1991) observaron que a medida que un huerto envejece su fracción radiación interceptada se mantiene, en cambio, su ASTT sigue aumentando, lo que explica que CT tenga un mayor valor promedio de ASTT que HM.

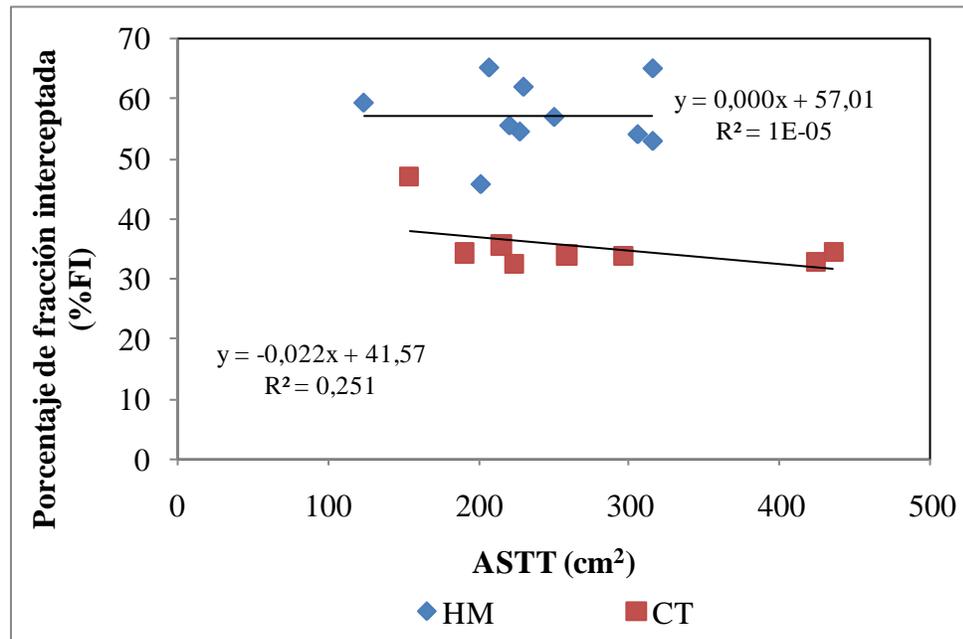


Figura 7. Relación entre el área de sección transversal de tronco (ASTT) y la fracción de radiación interceptada (FI) en árboles adultos (6 y 14 años) Huechún Multieje (HM) y Cerrillos de Tamaya (CT) en granados variedad Wonderful.

Eficiencia productiva y rendimiento

La relación entre carga frutal y eficiencia productiva o rendimiento se presentan en las Figuras 8; 9 y 10. Al ser expresada la carga frutal en función de frutos/m²_{FI}, de su ASTT y en frutos/m² la relación con el rendimiento fue significativa ($p \leq 0,05$). La productividad de la madera o eficiencia productiva en términos de kg/cm² de ASTT brindó un mayor grado de ajuste por medio de dos regresiones lineales, huertos jóvenes ($R^2 = 0,949$) y huertos adultos ($R^2 = 0,945$).

Los huertos establecidos en la zona de Vicuña (VE y VC) tuvieron una mayor eficiencia productiva promedio $0,41 \pm 0,14$ y $0,57 \pm 0,25$ respectivamente, seguidos por HM ($0,15 \pm 0,05$) y CT ($0,096 \pm 0,07$) kg cm⁻² de ASTT. Al analizar la productividad en términos de kg*m²/FI los valores para HM, VE, VC y CT fueron $3,9 \pm 0,78$; $3,64 \pm 0,89$; $3,52 \pm 1,35$ y $2,92 \pm 1,05$ respectivamente. La eficiencia de conversión de luz en rendimiento por unidad de carga frutal quedó representada por la pendiente de la regresión lineal ajustada (Cuadro 6); fue mayor en VC, seguido de VE, CT y HM.

Cuadro 6: Regresiones lineales entre kg*m²/FI (y) y carga frutal (x) en función a la fracción de radiación interceptada (frutos/m²_{FI}) para Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT) en granados var. Wonderful.

Huertos	Ecuación de regresión entre carga frutal frutos/m ² _{FI} (x) y eficiencia productiva en términos de kg*m ² /FI (y)			
	Tipo de curva	R^2	Intercepto	Pendiente de x
VE	Lineal*	0,81	0,36	0,32
VC	Lineal*	0,93	0,12	0,36
CT	Lineal*	0,86	0,28	0,23
HM	Lineal*	0,77	0,92	0,198
Todos	Lineal*	0,62	1,08	0,21

* Coeficiente de determinación significativos, con p-valor $\leq 0,05$.

En las Figuras 8 y 10 las regresiones obtenidas no fueron lineales por lo que se utilizó el método propuesto por Stover (Stover *et.al.*, 2001) para determinar diferencias entre los diferentes huertos. Este método consiste en ajustar los puntos a una regresión polinomial de segundo grado. Luego se suman los residuos al promedio de las observaciones, finalmente se hace un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar el efecto del tratamiento (Reginato *et.al.*, 2007).

Se concluyó que existían diferencias significativas entre la eficiencia productiva en términos de $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{FI}$ (Figura 8) de cada sistema y que están determinadas por la carga frutal en frutos/ m^2_{FI} ($p \leq 0,001$). Al aplicar igual método sobre la producción en t/ha (Figura 10) resultó que las existieron diferencias significativas en el rendimiento de los huertos y que son determinadas por la carga frutal en frutos/ m^2 ($p \leq 0,001$). Por el contrario, utilizando la carga frutal como frutos/ cm^2 de ASTT como covariable, por tratarse de una regresión lineal, en la Figura 9 no se pudo establecer diferencias significativas de productividad en kg/cm^2 de ASTT entre los huertos al realizar el análisis de covarianza, así como tampoco una relación significativa entre la carga frutal y la productividad en kg/cm^2 de ASTT ($p \leq 0,05$); pero al realizarlo sólo entre HM y CT si fueron halladas diferencias ($p \leq 0,05$), no así entre VC y VE ($p \geq 0,05$).

La carga frutal tiene un efecto directo sobre el rendimiento y la eficiencia productiva (Forshey y Elfving 1989; Ojer *et al.*, 2009). Al respecto, Forshey y Elfving (1977) y Forshey and Shetchter (1993) determinaron, al utilizar diferentes patrones para la variedad de manzano de var. ‘Delicious’, que el número de frutos era determinante sobre el rendimiento. Reginato *et al.*, 2007a encontraron que la eficiencia productiva en términos de $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{FI}$ fue función de la carga frutal expresada en frutos/ m^2_{FI} en nectarines y duraznos conserveros.

Al evaluar la eficiencia productiva en términos de kg/cm^2 de ASTT, pues el ASTT sería el reflejo del tamaño del árbol, está reflejando la capacidad de la copa para producir fruta resultando útil para comparar entre patrones y sistemas de conducción (Ferree, 1980 citado por Robinson *et al.*, 1991b; Robinson *et al.*, 1991a). En la Figura 9, los huertos jóvenes, como VC y VE al tener una menor ASTT tienen una mayor eficiencia productiva que los huertos maduros como CT y HM lo que coincide con resultados obtenidos con huertos de manzano de diferente edad (Robinson *et al.*, 1991a).

Cuando la eficiencia productiva se expresa en función de la capacidad de conversión a rendimiento de la fracción de radiación interceptada ($\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{fracción interceptada}$) (Figura 8) se observaron diferencias entre los huertos, no así cuando se observa en función de la productividad de la madera (kg/cm^2 de ASTT), donde el uso de la carga frutal como covariable no mostró diferencia entre los huertos. Esto se explicaría por la nula relación que se presentó en este ensayo entre el ASTT y la fracción de radiación interceptada (Figuras 6 y 7), por lo que un análisis de la eficiencia productiva en términos de $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{FI}$ resulta más adecuado con el fin de explicar las diferencias entre los diferentes sistemas de conducción.

Vicuña copa (VC) tiene una mayor capacidad de convertir la luz en rendimiento por cada unidad de carga frutal (pendiente en el cuadro 6) que Vicuña eje (VE). Los sistemas de conducción que tienen una mayor eficiencia de conversión de luz a rendimiento por unidad de carga, poseen un mejor posicionamiento de la fruta colocándola en zonas cercanas al punto de inserción de la rama al tronco, afectando la carga frutal y el peso promedio de fruto (Sandoval *et al.*, 2010). La menor eficiencia en Cerrillos de Tamaya se puede explicar por una menor apertura estomática producto de la condición de estrés hídrico, discutida anteriormente (Figura 5); al tener una menor asimilación de carbono una menor proporción

de luz será convertida en materia seca disminuyendo su productividad (Medrano *et.al.*, 2002). La menor capacidad de convertir luz a rendimiento por unidad de carga de HM se puede atribuir a un mal posicionamiento de la fruta en la copa, ubicándose en las zonas distales o más alejadas del punto de inserción de la rama (Sandoval *et al.*, 2010).

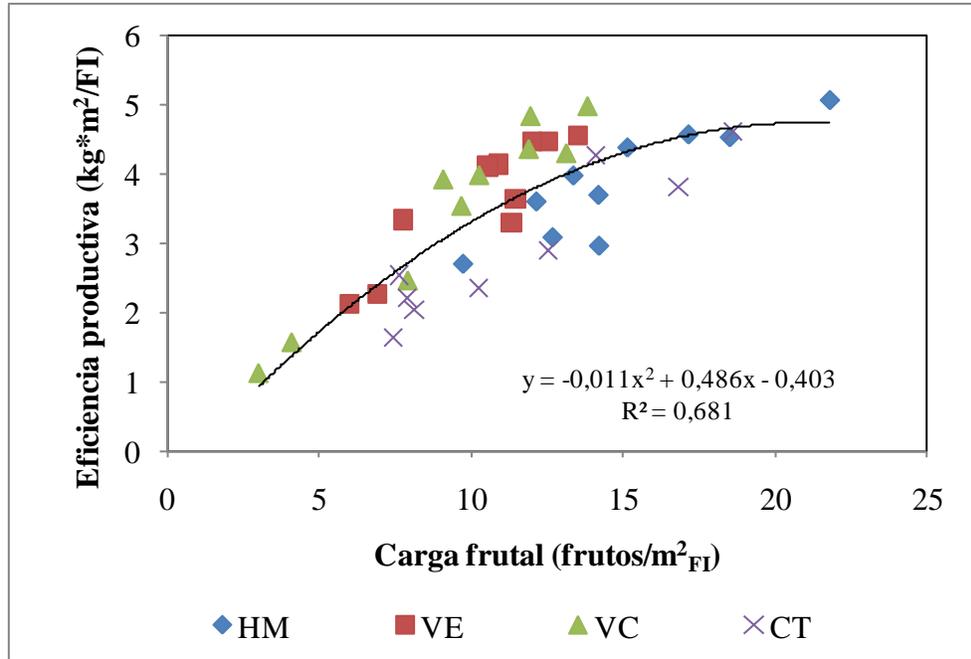


Figura 8. Productividad en función de la carga frutal expresada como frutos/ m²_{FI} en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT) en granados var. Wonderful.

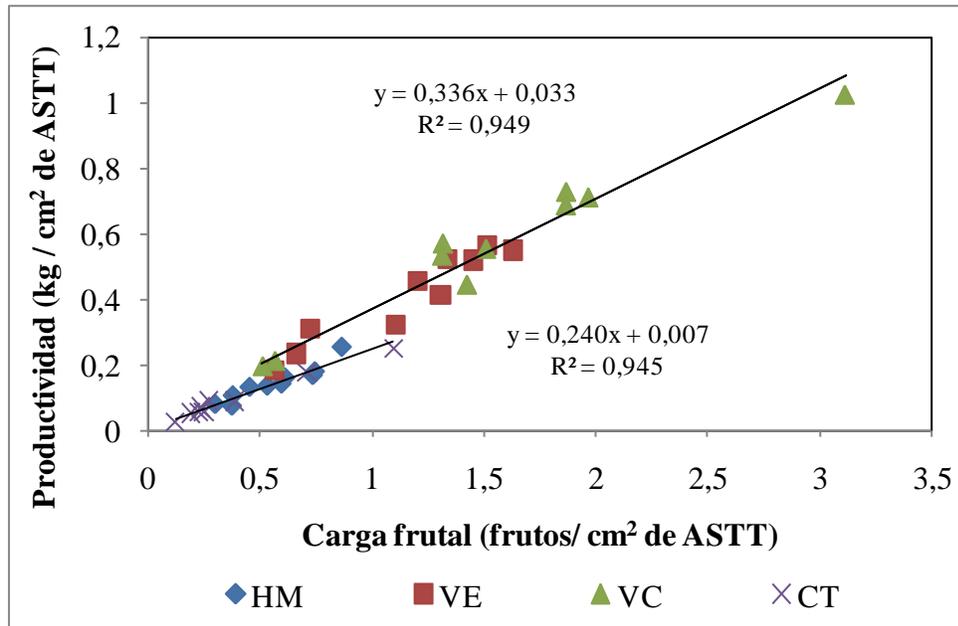


Figura 9. Productividad en función de la carga frutal bajo en función de su área de sección transversal de tronco (ASTT) en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT) granados var. Wonderful.

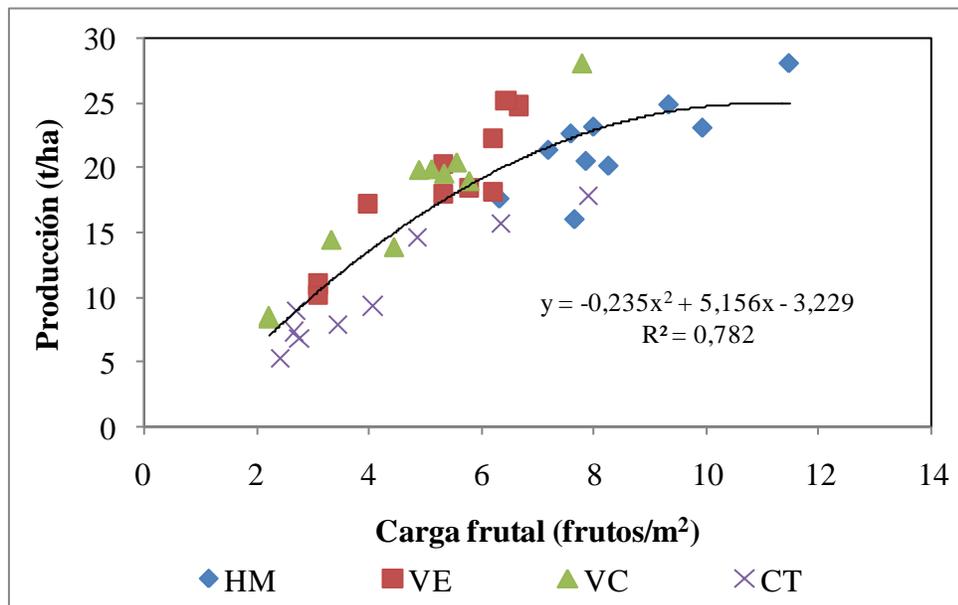


Figura 10. Producción en función de la carga frutal en función de los frutos/m² en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT) en granados var. Wonderful.

Peso promedio de fruto

Los pesos promedio para HM; VE; VC y CT son $261,8 \pm 29,5$; $355,1 \pm 40,1$; $372,7 \pm 34,9$ y $257,3 \pm 38,8$ respectivamente. La relación entre la carga frutal en términos de frutos/ m^2_{FI} y frutos/ m^2 con el peso promedio de los frutos (g) fueron significativas ($p \leq 0,05$) (Figura 11 y 13).

Reginato *et.al.* 2007b señalan que estimaciones más exactas del peso medio del fruto pueden ser obtenidas usando el análisis de covarianza, donde la variación en el peso de la fruta que se asocia a la carga frutal obtenida a cosecha es removida. Por tal razón, se utilizó la carga expresada en frutos/ cm^2 de ASTT (Figura 12) y frutos/ m^2 (Figura 13) como covariables. En ambos casos, esta resultó no ser significativa ($p \geq 0,05$), no encontrándose una relación lineal significativa entre el peso promedio de fruto y la carga frutal.

Por el contrario, al expresar la carga en términos de frutos/ m^2_{FI} , el método de las variables dummy fue realizado; concluyéndose que no existían diferencias entre las pendientes de los diferentes huertos, lo que fue requisito para aplicar el análisis de covarianza. Como la regresión entre ambas variables resultó no ser lineal (Figura 11), se aplicó el método de Stover *et.al.* (2001) encontrando diferencias significativas ($p \leq 0,0001$), por lo que las diferencias del peso promedio de fruto de cada huerto estuvieron dadas por la carga frutal y no por el tamaño del árbol.

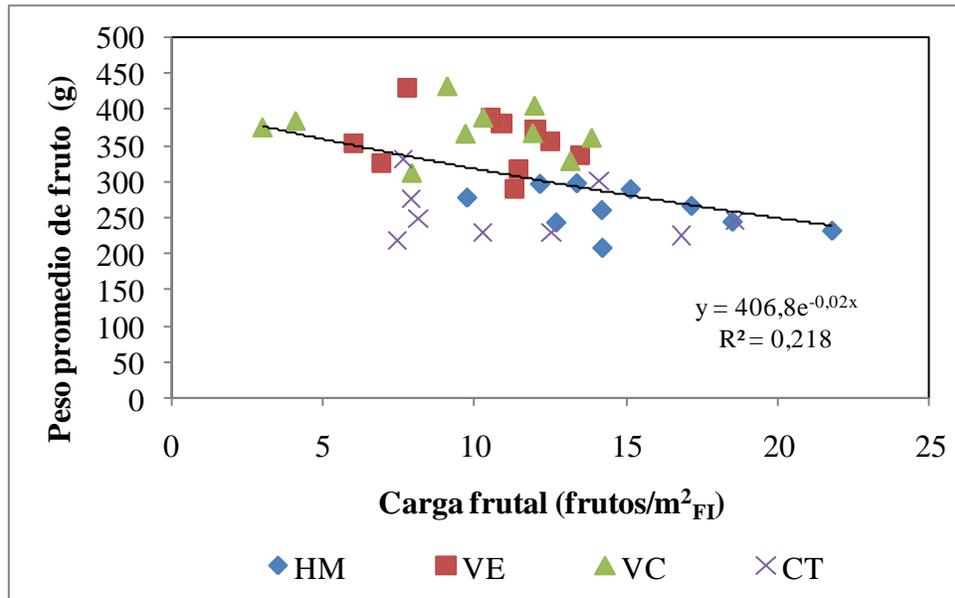


Figura 11. Peso promedio de fruto bajo como función de la carga frutal expresadas como frutos / m^2_{FI} en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

El área de sección transversal de tronco es muy útil al comparar tamaños de árbol bajo condiciones similares de manejo y edad (Palmer (1987) citado por Lazaro *et al.*, 2005). Sin embargo, en este ensayo existen diferentes sistemas de manejo y edad, que por la muy baja relación entre el ASTT y la FI, resulta acertado presentar la carga frutal directamente en términos de fracción interceptada, que representa de mejor manera los resultados ($R^2=0,20$). La diferencia radica en que este último indicador permite uniformizar las distintas formas de los árboles presentes, ya que es un buen reflejo de su área foliar, lo cual permite extrapolar de mejor forma los resultados (Robinson *et al.*, 1991a; Palmer 1992). Cuando se expresa en términos de frutos/m² la relación resulta igual de significativa (Figura 13); sin embargo, ésta no considera las diferentes formas de los árboles, lo que puede explicar su menor R^2 .

Los huertos que alcanzaron mayores rangos de carga frutal en términos de frutos/m²_{FI} (HM y CT) presentaron menores pesos promedio de frutos (Figura 11), lo que es atribuido a una baja eficiencia de conversión de luz a rendimiento por unidad de carga (o menor eficiencia productiva), provocando una menor cantidad de asimilados disponibles para cada fruto producto de una menor relación hoja: fruto, disminuyendo su peso promedio (Forshey y Elfving 1977 Forshey y Elfving 1989; Palmer *et al.*, 1997; Wünsche y Ferguson 2005; Reginato *et.al.*, 2007a; Ojer *et al.*, 2009; Treder 2010). Al respecto, una mayor carga frutal en las primeras etapas de crecimiento de frutos de manzano aumenta la competencia por asimilados entre los frutos disminuyendo la tasa de división celular en los frutos debido a un déficit de carbohidratos y a una menor área foliar por fruto lo cual reduce el tamaño final de los frutos (Giuliani *et al.*, 1997a; Lakso (1994) citado por Wünsche y Ferguson 2005).

A pesar de tener una eficiencia de conversión de luz a rendimiento por unidad de carga mayor que HM (Cuadro 6), el peso promedio de CT es menor. El efecto del estrés hídrico sobre la asimilación de carbono provoca una menor relación hoja /fruto, disminuyendo el peso promedio de fruto. La edad del huerto también puede explicar los resultados, al respecto Robinson y Lakso (1991), Treder (2010), señalan que en huertos adultos, producto de un aumento progresivo del ASTT y de las practicas de poda se reduce el área foliar y la radiación interceptada de las plantas, provocando un incremento del número de frutos por ASTT disminuyendo su relación hoja: fruto y con esto su tamaño.

En el caso de los huertos jóvenes (VC y VE), con menor rangos de carga (frutos/m²_{FI}), se observó lo contrario a lo ocurrido en los huertos más adultos (Figura 11), con una mayor eficiencia productiva, una mayor cantidad de asimilados ira a una menor cantidad de frutos, alcanzando pesos mayores. En durazneros conserveros, los raleos tempranos, durante la primera etapa de crecimiento, aumentan la tasa de crecimiento de las células, debido a una menor competencia por asimilados, obteniéndose frutos de mayor peso a cosecha (Ojer *et al.*, 2009). En granados, en cambio, una menor carga frutal provoca una mayor cantidad de arilos en el fruto, aumentando su peso promedio (Wetzstein *et al.*, 2011).

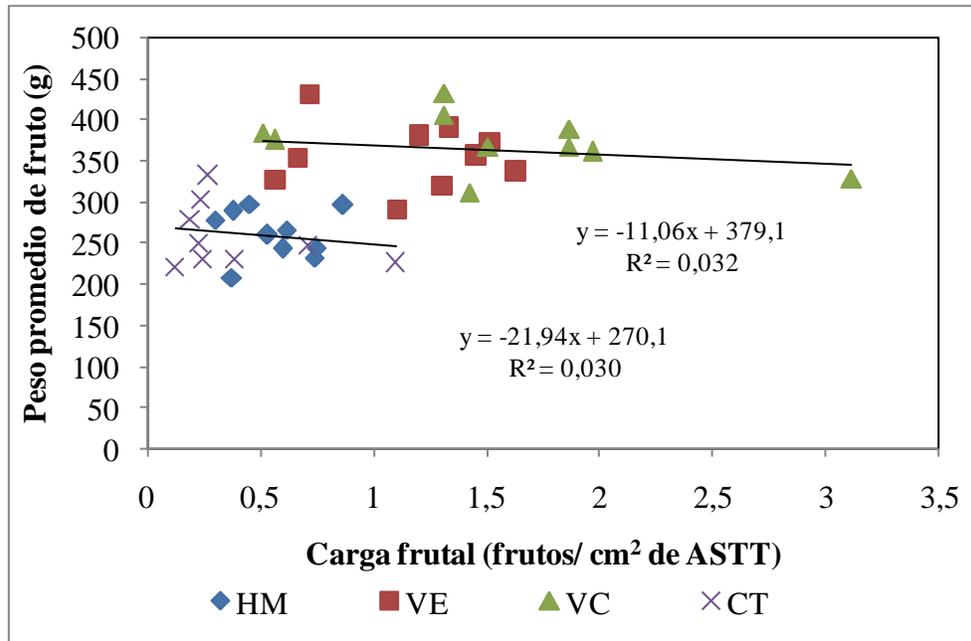


Figura 12. Peso promedio de fruto en función de la carga frutal en expresada en términos de su área de sección transversal de tronco (ASTT) en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

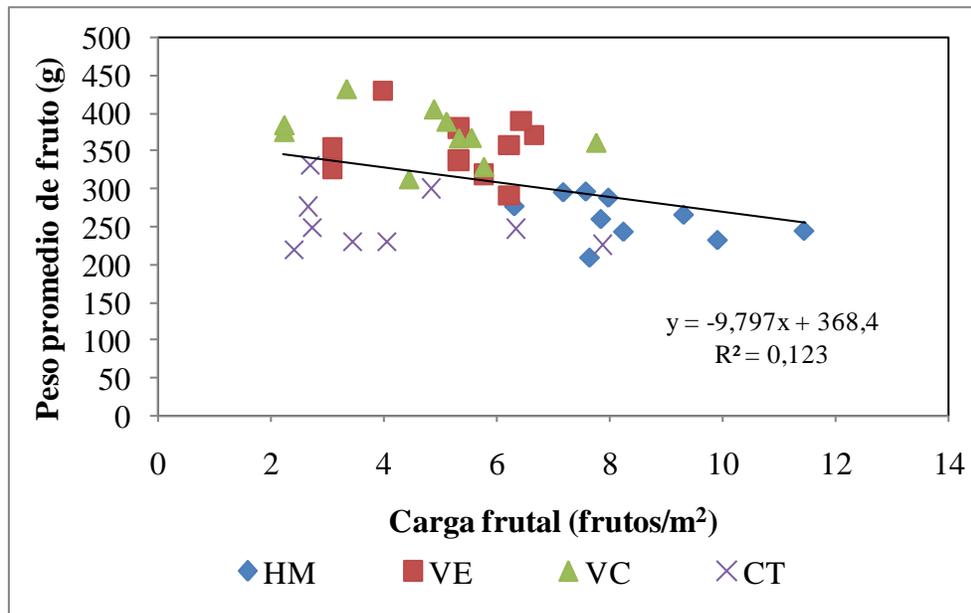


Figura 13. Peso promedio de fruto bajo diferentes ajustes de carga frutal en función de la unidad de superficie de suelo en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

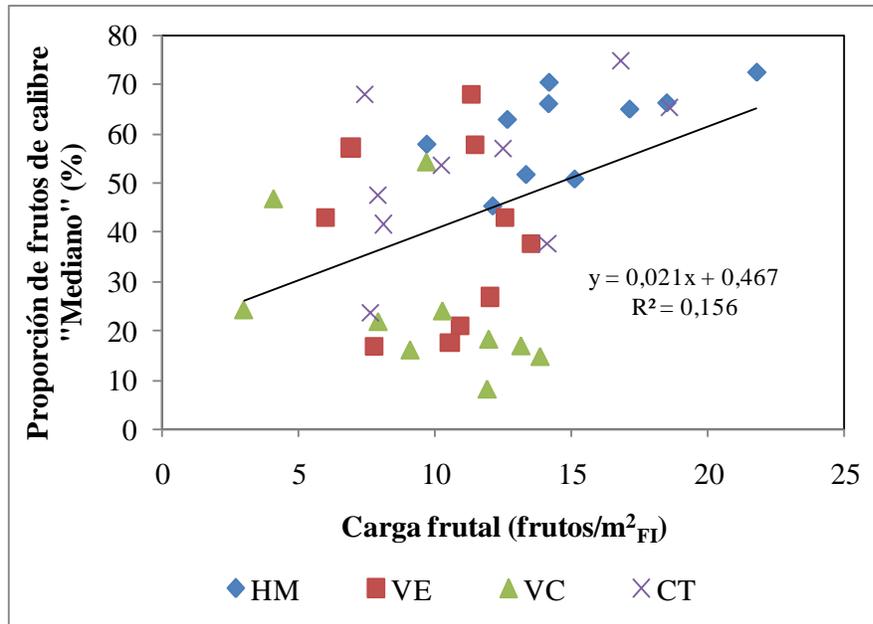


Figura 15. Efecto de la carga frutal sobre la proporción de frutos de calibre "Mediano" en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

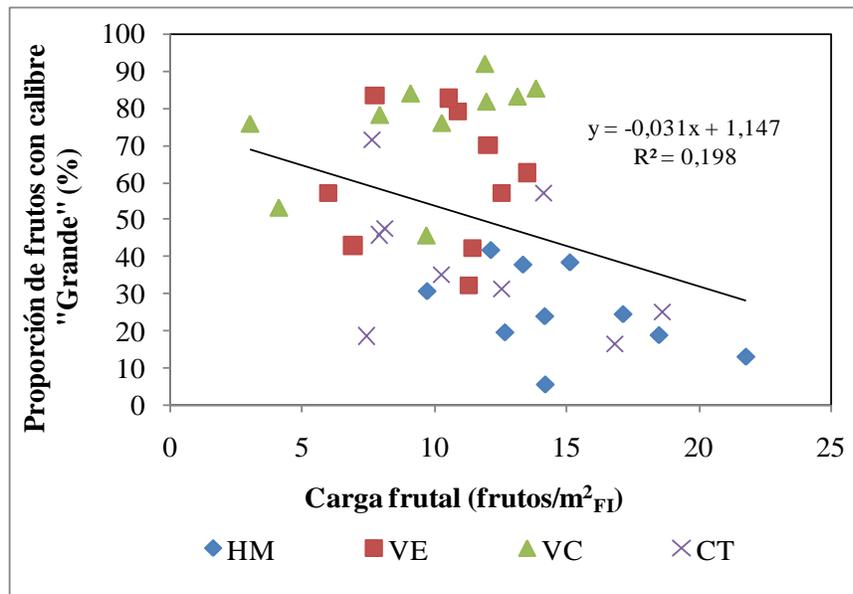


Figura 16. Efecto de la carga frutal sobre la proporción de frutos de calibre "Grande" en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC) y Cerrillos de Tamaya (CT).

Fracción de radiación interceptada

Al poder comparar la radiación interceptada por cada sistema de conducción (FI) y la productividad promedio (t/ha) de los ensayos efectuados en este estudio (Figura 17) se apreció que el huerto que alcanzó una mayor proporción de FI, con un $57,1\pm 6,04\%$, fue Huechún (HM), seguido de Vicuña Eje (VE) ($50,8\pm 5,9$), Vicuña copa (VC) con un $51,3\pm 10,5\%$ y finalmente Cerrillos de Tamaya (CT), con un $35,2\pm 4,5\%$. Por otro lado, los valores máximos de productividad (t/ha) fueron 28,1; 25,2; 28,1 y 10,5 Mg ha⁻¹ para HM, VE, VC y CT, respectivamente.

El bajo rendimiento observado en Cerrillos de Tamaya (Figura 17) se puede atribuir a un marco de plantación mal diseñado. Al respecto Robinson y Lakso (1991) que compararon diferentes sistemas de conducción en manzanos encontraron que una densidad de plantación mal diseñada, deriva en que las plantas no alcancen a cubrir adecuadamente las entre hileras, disminuyendo su FI y con esto su rendimiento. El sombreamiento también puede provocar una disminución del rendimiento, producto de un aumento del índice de área foliar por un crecimiento excesivo de los brotes nuevos en las zonas externas o malas prácticas de poda. Considerando que en este huerto se efectuó un poda los resultados se explican de mejor manera, ya que ésta provocó una reducción de interceptación de luz, menor eficiencia de conversión de luz a rendimiento disminuyendo la cantidad de asimilados a la fruta, frutos pequeños y en una disminución del rendimiento (Robinson y Lakso 1991; Rom *et al.*, 1991; Lakso 1994 citado por Wünsche *et al.*, 1996; Barritt *et al.*, 1997; Wünsche and Lakso 2000).

Un mayor rendimiento, como en VC y en VE, ambos con tres años de plantación, se pueden explicar ya que al ser plantas en los primeros años de plantación una alta densidad repercutió en una mayor carga frutal por unidad de superficie aumentando su rendimiento (Barritt *et al.*, 1991; Robinson *et al.*, 1991a; Robinson *et al.*, 1991b).

Es por ello que las decisiones sobre el sistema de conducción que limita la densidad de plantación resultan fundamentales al momento de la plantación de huertos nuevos (Robinson *et al.*, 1991b; Robinson *et al.*, 1991a; Wünsche *et al.*, 1996), ya que hoy en día se busca que los huertos entren rápidamente en producción y sean muy productivos lo que repercute en su rentabilidad (Reginato 2002).

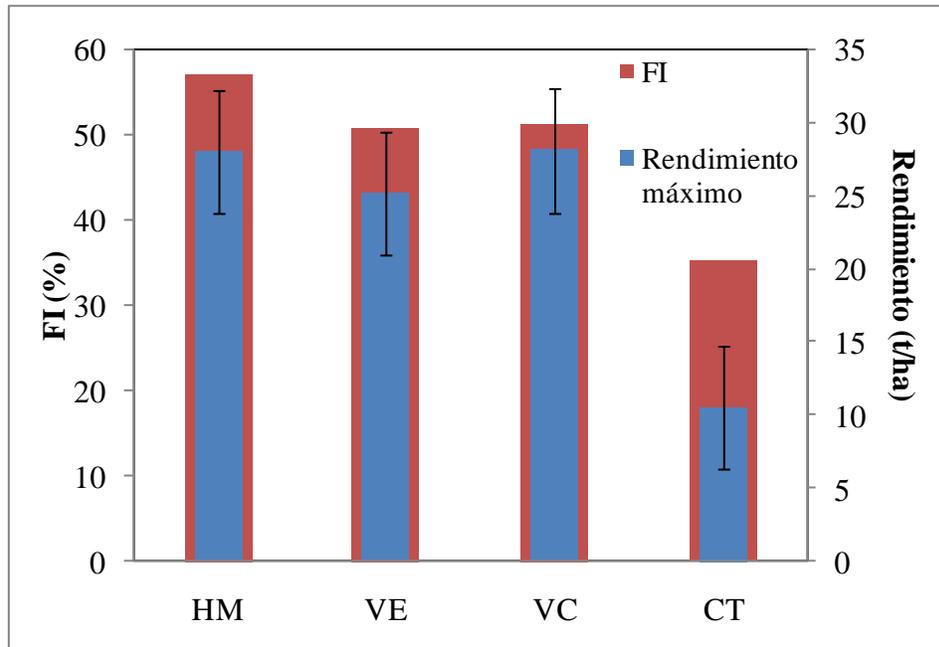


Figura 17: Fracción de radiación interceptada promedio (FI) y rendimiento máximo (t/ ha) en sistemas de conducción en granados.

Calidad comercial de la fruta

Golpe de sol

En la Figura 18 se presenta el daño por golpe de sol encontrados al momento de cosecha, el sistema de conducción que más tuvo este problema fue VC con 27,8%, seguido de VE con un 25,5%; y con un porcentaje de fruta afectada muy inferior HM (11,69%) y CT (7,7%). Junto con ello se pudo establecer que la mayoría del daño de sol, producido en la fruta corresponde a golpe de sol calificado como “muy leve” y “leve” con un 65% del total de fruta afectada. El calibre que más presentó este defecto fue “grande” con un 47,6%, luego “mediano” (49%) y “precalibre (3,4%).

Los resultados de coeficientes de correlación entre carga frutal y golpe de sol se presentan en la Cuadro 7. Existió una correlación negativa significativa ($p \leq 0,05$) entre la carga frutal y la incidencia de golpe de sol y sobre la proporción de frutos con golpe de sol leve. La relación entre la carga frutal y la incidencia de golpe sol severo en la superficie de los frutos resultó no ser significativa. No existió relación entre la carga frutal de cada huerto y la presencia de golpe de sol severo ($p \geq 0,05$).

Cuadro 7: Coeficiente de correlación entre carga frutal (Frutos/FI) y los diferentes grados de golpe de sol (presencia, leve y severo) a cosecha en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT).

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r) entre golpe de sol y frutos/m ² _{FI}				
	VE	VC	CT	HM	Todos
	Huertos				
Presencia	-0,24	-0,04	-0,23	-0,44	-0,31
Leve	-0,17	-0,04	-0,33	-0,48	-0,33
Severo	-0,20	-0,04	-0,08	-0,10	-0,32

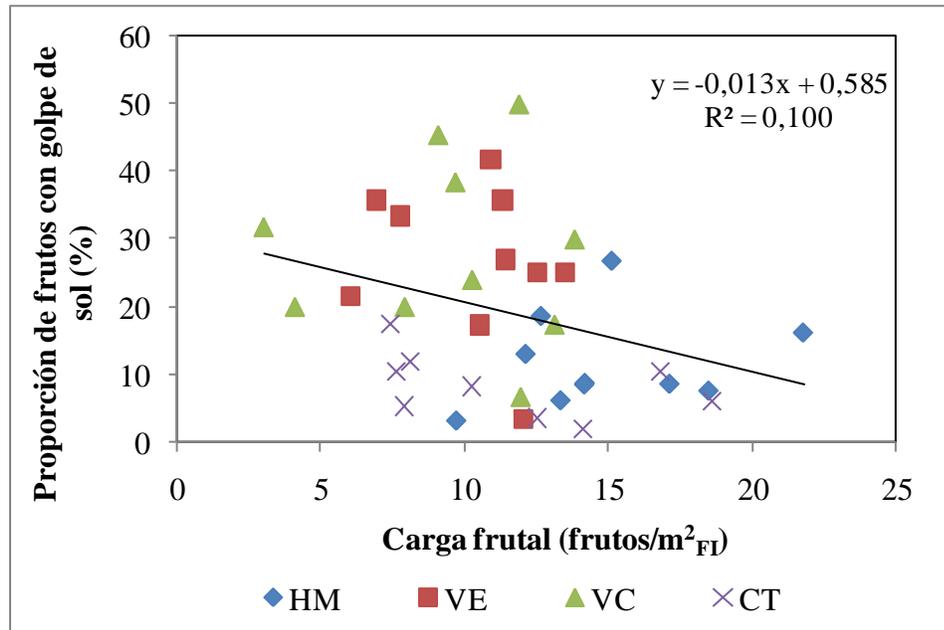


Figura 18. Efecto de la carga frutal sobre la proporción de frutos con golpe de sol en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT).

Aunque existió un efecto de la carga frutal sobre la fruta con golpe de sol (Figura 18), algunos autores no han encontrado diferencias significativas en la incidencia de golpe de sol para distintos niveles de carga frutal en manzanos (Wünsche *et al.*, 2002). Al mismo tiempo se afirma que este fenómeno puede estar determinado por el sistema de conducción y su poda. Así, los sistemas de conducción con copas más abiertas o con portainjertos enanizantes podrían presentar más daño que aquellos con patrones semivigorosos en manzanos (Wünsche *et al.*, 2000 citado por Wünsche *et al.*, 2002).

En este ensayo ocurrió que los huertos más jóvenes, que aún no entraban en activa producción, tenían copas más abiertas, mejor iluminadas presentando los mayores valores de daño. Sin embargo, no sólo al sistema de conducción se pueden atribuir los resultados. La zona de Vicuña se caracteriza por tener alta radiación y alta temperatura, lo que otorga una menor humedad relativa las cuales son definidas como condiciones óptimas para el desarrollo del granado (Franck, 2010). Los factores mencionados anteriormente se encuentran altamente relacionados con el aumento de la temperatura de la superficie de fruto durante el día, la cual se señala como la causante de golpe del sol cuando se superan los 35°C en granados (Yazici y Kaynak, 2009). El hecho que la mayoría de los frutos cosechados presentó un golpe de sol leve o muy leve (65%) indica que en Vicuña, se requieren implementar medidas para controlar el golpe de sol que permitan el cultivo del granado.

En los huertos de mayor carga (HM y CT) las copas ya presentaban cierto grado de sombreado interno debido su sistema de conducción (HM) o a prácticas de poda (CT), que junto a condiciones menos limitantes en cuanto a T° , HR y radiación solar, repercutió en una menor incidencia de golpe de sol en estos huertos.

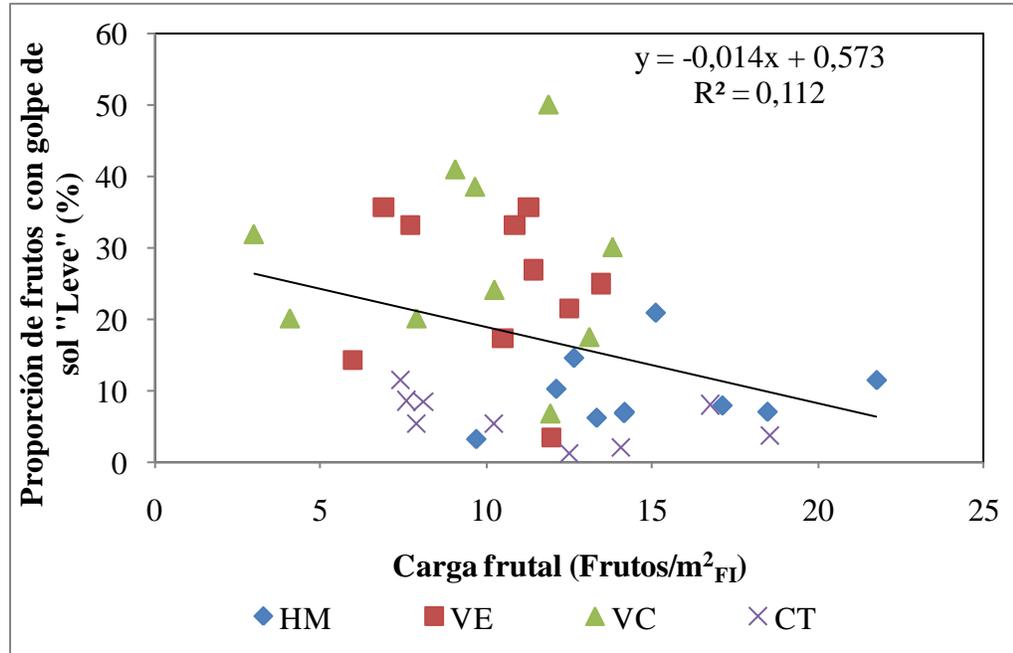


Figura 19. Efecto de la carga frutal sobre la proporción de frutos con golpe de sol "Leve" en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT).

Partidura

Los resultados de partidura de fruto se presentan en la Figura 20 y la Cuadro 8. El huerto que presentó el mayor porcentaje de partidura fue HM (17,6%), posteriormente CT con cerca del 10% y finalmente VE y VC con un 3,8% y 1,9% respectivamente. El calibre que obtuvo el mayor porcentaje de partidura fue el “precalibre” con un 17,71%, seguido por “mediano” con un 12,2% y “grande”, con 11,1%. Al aumentar la carga frutal, existió un aumento de la partidura, efecto que resultó ser significativo ($p \leq 0,05$). Sin embargo, si se analiza el efecto de la partidura en cada huerto, la regresión lineal resultó no ser significativa ($p \geq 0,05$).

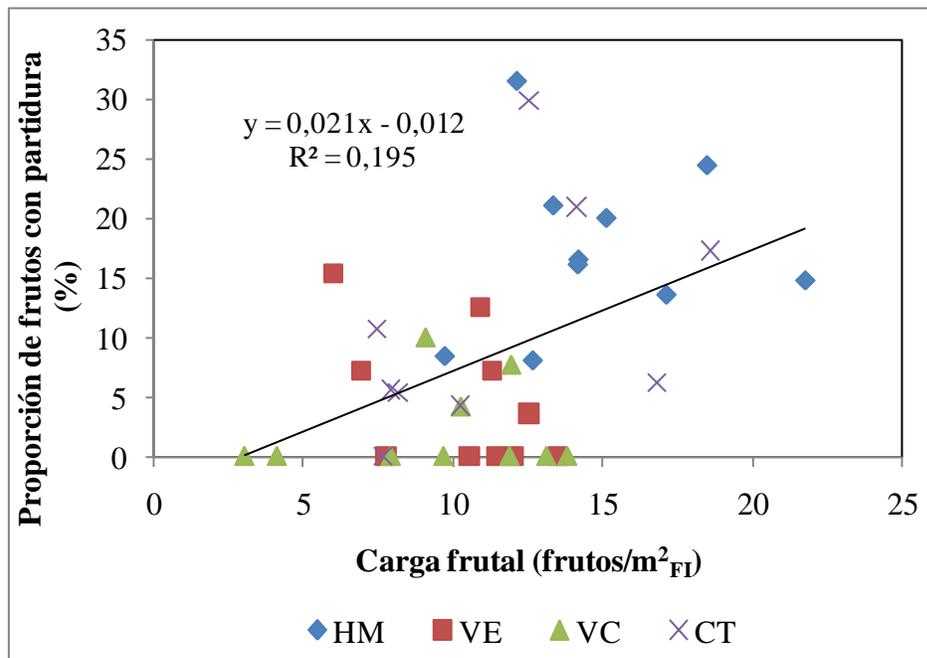


Figura 20. Efecto de la carga frutal sobre la proporción de frutos con partidura (*cracking*) en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT).

Cuadro 8: Coeficientes de correlación entre carga frutal (frutos/m² FI) y partidura cosecha en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT).

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r) entre partidura y Frutos/m ² FI				
	VE	VC	CT	HM	Todos
Partidura	0,45	0,17	0,51	0,16	0,45

Uno de los mayores problemas de la producción del granado es la partidura, los factores que son causantes de este desorden pueden ser la variación abrupta del contenido de agua en el suelo, baja humedad relativa y viento seco (Hepaksoy *et al.*, 2000). La carga frutal también se ha señalado como un factor que aumenta su incidencia (Sandoval *et al.*, 2009; Franck 2010; Zamorano *et al.*, 2012). Hepaksoy *et al.* (2000), al comparar diferentes variedades de granados calificadas entre resistentes y susceptibles a la partidura, encontraron que la partidura se encuentra relacionada lineal y positivamente con la transpiración de hoja ($R^2=0,513$), asimismo el potencial hídrico en las hojas de granado se encontró altamente e inversamente relacionado con la fotosíntesis ($R^2=0,412$) y la transpiración ($R^2=0,371$). Incluso se encontró un aumento de la partidura con una menor eficiencia del uso del agua (WUE). Con estos antecedentes y considerando que la fotosíntesis (P^{sat}) es altamente dependiente de la carga frutal, la P^{sat} con la transpiración (Figuras 1 y 4) y el potencial hídrico de hoja se encuentra relacionado con la carga frutal (Erf y Proctor 1987); es que lo observado en este ensayo toma sentido al evidenciar el efecto de la carga frutal sobre la partidura y que los huertos con mayor carga (HM y CT) presentaran en mayor medida este defecto.

Color

El color del fruto estimado al momento a cosecha, se presentan sólo para los huertos de Huechún y Cerrillos de Tamaya en la Cuadro 9. Solo la correlación entre la carga frutal y la proporción de fruto con color de cubrimiento rosado en HM resultó significativa. ($p \leq 0,05$). El resto de las correlaciones no fueron significativas.

Cuadro 9: Valores de coeficientes de correlación entre carga frutal (frutos/m²_{FI}) y las diferentes tonalidades de color a cosecha (Fondo verde, Cubrimiento rosado y Cubrimiento rojo) en Huechún Multieje (HM) y Cerrillos de Tamaya (CT).

Tratamiento	Coeficiente de correlación (r) entre color y Frutos/m ² _{FI}		
	CT	HM	CT y HM
	Huertos		
Fondo Verde	0,27	0,19	0,13
Cubrimiento Rosado	0,78	0,14	0,36
Cubrimiento Rojo	0,24	0,22	0,26

Los efectos observados sobre el color, no son similares a los reportados por Palmer *et al.* (1997) quienes, al evaluar diferentes niveles de carga frutal en manzanos, observaron que a una menor carga frutal existía fruta más madura, la cual se manifestó a través de su color de fondo. Similarmente, Wünsche *et al.* (2000) encontraron similares resultados, la explicación de este fenómeno puede ser una alta concentración de etileno en manzano (Francesconi *et al.*, (1996), citado por Wünsche y Ferguson 2005), permitiendo una mayor conversión de almidón a azúcares solubles en la pulpa y un aumento de color de fondo.

Ramaleo

El ramaleo a cosecha se presenta en la Cuadro 10. El huerto que presentó mayor incidencia de ramaleo por planta fue CT con un 37% de la fruta cosechada; menos de la mitad de la fruta en HM presenta este defecto (10,4%). VE y VC, presentaron un 14,8% y 20,8% de fruta con ramaleo respectivamente. La intesidad de ramaleo de los frutos varió con el huerto: VC y VE mostraron una tendencia a tener frutos con un ramaleo calificado como “muy leve”; esto representó entre 80,6 y un 67,3% de la fruta que presentó el defecto; HM presentó similar tendencia ya que, sólo considerando los niveles de daño muy leve y leve, alcanzaron un 78,6% del total de frutos con ramaleo; CT, por su parte, presentó una mayor proporción de frutos catalogados como daño “severo” y “moderado”; con un 57,7% del total de frutos con daño. La carga frutal no tuvo un efecto significativo sobre este parámetro ($p \geq 0,05$) a excepción del ramaleo leve en VE y en todos los huertos.

Cuadro 10: Coeficientes de correlación entre carga frutal (frutos/m²_{FI}) y los diferentes grados de ramaleo (presencia, leve y severo) a cosecha en Huechún Multieje (HM), Vicuña Eje (VE), Vicuña Copa (VC), Cerrillos de Tamaya (CT).

	Coeficiente de correlación (<i>r</i>) entre ramaleo y Frutos/m ² _{FI}				
	VE	VC	CT	HM	Todos
Tratamiento	Huertos				
Presencia	0,63	0,06	0,23	0,13	0,29
Leve	0,66	0,06	0,33	0,07	0,40
Severo	0,15	0,0	0,08	0,11	0,04

El efecto de la carga frutal no fue significativo, indicando que lo que permitiría explicar los resultados sería la arquitectura de la planta y la localidad. Zonas más emboscadas generan un mayor ramaleo (Yuri, 2006). Podas muy fuertes en huertos viejos permitirá una mayor regeneración de crecimiento vegetativo, alrededor de los frutos, cubriéndolos (Yuri, 2006). Esto sumado al hecho que el granado posee espinas y a la presencia de viento, hace que se genere ramaleo por el roce de sus ramas flexibles contra el fruto (Franck, 2010). Esta situación se presentó en CT, huerto que antes de las mediciones fue sometido a una fuerte

poda de rejuvenecimiento. En HM lo anteriormente descrito ocurrió pero en una menor proporción ya que este huerto no fue sometido a podas fuertes, evitando un sombreamiento donde se produjo fruta, lo que podría haber reducido la incidencia de ramaleo. En los huertos jóvenes, en cambio, el efecto no sería producto de un sombreamiento en zonas de producción de fruta pero, se podría atribuir a que su madera flexible, junto a la exposición de la fruta en la parte periférica del árbol, permitieron que con brisas suaves se produciese un roce de la fruta con sus ramas, generando ramaleo (Yuri, 2006).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este ensayo se puede concluir lo siguiente:

La fracción de radiación interceptada (FI) se correlaciona lineal y positivamente con la productividad (t/ha). La densidad de plantación influye en esta relación.

La g_s y P^{sat} es función de la carga frutal en términos de frutos/ m^2_{FI} .

La g_s y P^{sat} tienen una disminución fuerte al mediodía (MD) manteniéndose bajas hasta el atardecer (PM).

Solo HM tuvo una disminución importante de la P^{sat} a cosecha.

La fracción interceptada (FI) no es función de la ASTT tanto de huertos jóvenes como maduros.

La eficiencia productiva y el rendimiento en términos de $kg \cdot m^2/FI$ y t/ha respectivamente; son función de la carga frutal.

El peso promedio es función de la carga frutal expresada en frutos/ m^2_{FI} . No se mostraron efectos cuando la carga se expresó como frutos/ m^2 o frutos/ cm^2 de ASTT.

La distribución de calibres se ve afectada por la carga frutal en términos de frutos/ m^2_{FI} .

La presencia de golpe de sol y el golpe de sol leve es función de la carga frutal en términos de frutos/ m^2_{FI} .

La partidura es función de la carga frutal en términos de frutos/ m^2_{FI} .

El color y el ramaleo no son funciones de la carga frutal en términos de frutos/ m^2_{FI} .

El sistema de conducción de la zona de Cerrillos de Tamaya es poco productivo. El huerto de Huechún tiene una alta productividad, pero con una alta proporción de frutos pequeños.

Los sistemas de conducción y marcos de plantación de Vicuña (VE y VC) tienen una alta precocidad, buen tamaño de fruto, y una baja incidencia de partidura. Aplicando medidas que mitiguen los efectos del golpe de sol, ambos pueden ser alternativas adecuadas para la producción de granados en Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGELOPOULOS. K., B. DICHIO and C. XILOYANNIS. 1996. Inhibition of photosynthesis in olive tress (*Olea europea* L.) during water stress and rewatering. *Journal of experimental Botany* 47(301):1093-1100.
- AUTIO, W. R; D. W. GREENE and W. J. LORD. 1996. Performance of “McIntosh” appl trees on seven rootstocks and a comparison of methods of productivity assessment. *HortScience* 31(7): 1160-1163.
- BALASUBRAMANYAN, S., S. ANBU., U. BANGARUSAMY and P. CHOKALINGAM. 1997. Effect of pruning and training on growth, yield and quality of pomegranate in black soil under rainfed conditions. *South Indian Hort.* 45(5/6):271-273.
- BARRITT, B., S. BONNIE., S. KONISHI and M.A. DILLEY. 1997. Tree size, yield and biennial bearing relationships with 40 apple rootstocks and three scion cultivar. *Acta Horticulturae* 451: 105-112.
- BARRITT, B., C. ROM., B. KONISHI and M.A. DILLEY. 1991. Light level influences spur quality and canopy development and light interception influence fruit production in apple. *HortScience* 26(8):993-998.
- BLUMENFELD, A., F. SHAYA and R. HILLEL. 2000. Cultivation of pomegranate. *Options Méditerranéennes Série A. Séminaires Méditerranéens* 42:143-147.
- BRAGA, L.C., J.W. SHUPP., C. CUMMINGS., M. JETT., J.A. TAKAHASI., L.S. CARMO., E. CHARTONE-SOUZA. and A.M.A. NASCIMENTO. 2005. Pomegranate extract inhibits *staphylococcus aureus* growth and subsequent enterotoxin producton. *Journal of Ethnopharmacology* 96:335-339.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES (CIREN). 1994. Estudio Agrológico de los valles Choapa, Illapel y Limarí: descripciones de suelos y materiales y símbolos. Centro de Investigación de los Recursos Naturales, Santiago, Chile. 122 p.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES (CIREN) .1996. Estudio agrológico de la Región Metropolitana: Descripciones de Suelos. Materiales y Símbolos. Tomos I y II. Publicación 115, Santiago, Chile. 425 p.
- CHAAR, J y E. SÁNCHEZ. 2010. Efectos de la carga frutal y del ambiente lumínico en ciruelo D’Agen (*Prunus domestica* L.). *Rev. FCA UNCuyo.* 42(1):125-133.

- CORREIA, M.J., M.L.RODRIGUES., M.I.FERREIRA and J.S. PEREIRA.1997. Diurnal changes in the relationships between stomatal conductance and abscisic acid in the xylem sap of field-grown peach trees. *Journal of Experimental Botany* 48(314): 1727-1736.
- ERF, A.E., and J.T.A. PROCTOR.1987.Changes in leaf water status and vegetative growth as influenced by crop load. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112(4):617-620.
- ELFVING, D.C., and I. SCHECHTER. 1993. Fruit count, fruit weight and yield relationships in 'Delicious' apple trees on nine rootstocks. *HortScience* 28:793-795.
- FLORE, J.A., and A.N. LAKSO.1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* 11:111-157.
- FORSHEY C., and D.C. ELFVING. 1977. Fruit numbers, fruit size and yield relationships in 'McIntosh' apples. *J.Am.Soc.Hort.Sci.* 102:399-402.
- FORSHEY,C., and D.C. ELFVING.1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Hort.Rev.* 11:229-287.
- FRANCK, N.2010. El ABC del granado. *Revista Aconex* (150):12-19.
- FRANCK, N. and P. VAAST. 2009.Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade level. *Trees* 23:761-769.
- FRANCK, N., P. VAAST., M. GENARD and J. DAUZAT. 2006. Soluble sugars mediate sink feedback down-regulation of leaf photosynthesis in field-grown *Coffea Arabica*. *Tree Physiology* 26: 517-525.
- FUJII, J. and R. KENNEDY. 1985. Seasonal changes in the photosynthetic rate in apple trees: A comparison between fruiting and nonfruiting trees. *Plant. Physiology* 78:519-524.
- GILL, P.P.S., W.S. DHILLON and N.P. SINGH. 2011. Influence of training systems on growth, yield and fruit quality of Pomegranate "Kandhari". *Acta Horticulturae* 890(1): 305-310.
- GUCCI, R., L. CORELLI-GRAPPADELLI, S. TUSTIN and G. RAVAGLIA.1994. The effects of defruiting at different stages of fruit development on leaf photosynthesis of "Golden Delicious" apple. *Tree Physiology* 15:35-40.
- GUILIANI, R., L. CORELLI-GRAPPADELLI and E. MAGNANINI.1997a.Effects of crop load on apple photosynthesis responses and yield. *Acta Horticulturae* 451: 303-317.
- GUILIANI, R., F. NEROZZI., E. MAGNANINI and L. CORELLI-GRAPPADELLI.1997b. Influence of environmental and plant factors on canopy photosynthesis and transpiration of apple trees. *Tree Physiology* 17: 637-645.

- HARTMAN, R.E., A. SHAH., A.M. FAGAN., K.E. SCHEWEYTE., M. PARSADANIAN., R.n. SCHULMAN., M.b. FINN and D.M. HOLZTMAN. 2006. Pomegranate juice decrease amyloid load and improves behavior in a mouse model of Alzheimer's disease. *Neurobiology of Disease* 24(3):506-515.
- HEPAKSOY, S., U. AKSOY., H.Z. CAN and M.A. UL. 2000. Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. *Options Méditerranéennes Serie A. Séminaires Méditerranéens* 42:87-92.
- HODGSON, R. 1917. The pomegranate. *Collage of Agricultura. Agricultural Experiment Station, Berkeley, California. Boletín N°276.* 102p.
- LAZARO, H., G. REGINATO y V. GARCIA DE CORTAZAR. 2005. Crop load effects on yield and par interception of 'August Red' nectarine. *Acta Horticulturae* 713:351-356.
- MEDRANO, H., J.M. ESCALONA., J. BOTA., J. GULIAS and J. FLEXAS. 2002. Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany* 89: 895-905.
- OJER, M., G. REGINATO y F. VALLEJOS. 2009. Manejo de la carga frutal y productividad de duraznos conserveros. *Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLI (1):* 65-76.
- OJER, M y G. REGINATO. 2002. Efecto de la carga frutal en durazneros. *Rev. FCA UNCuyo. Tomo 34 (1):* 39-46.
- OJER, M., C. ARJONA y G. REGINATO. 2001. Incidencia de la carga inicial de frutos sobre la producción y la calidad de frutos en duraznero cv. Bowen. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 16 (1): 25-35.
- PALMER, J.W. 1992. Effects of varying crop load on photosynthesis dry matter production and partitioning of 'Crispin' M.27 apple trees. *Tree Physiology* 11:19-33.
- PALMER, J.W., R. GIULIANI and H.M. ADAMS. 1997. Effects of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of 'Braedburn' M.26 apple trees. *Tree Physiology* 17:741-746.
- REGINATO, G., V. GARCÍA DE CORTAZA and T.L. ROBINSON. 2007a. Predicted crop load 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 CORTAZAR., T.L. 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 of Horticultural Science and Biotechnology* 82(5): 715-720.
- REGINATO, G. 2002. Aproximación teorica-cuantitativa a la densidad de plantación y a la evaluación del comportamiento de huertos de manzanos. *Revista Frutícola* 23(3):93-96.

- ROBINSON, T.L and A. LAKSO. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. *J.Am.Soc.Hort.Sci.* 116(2):188-194.
- ROBINSON, T.L., A.N. LAKSO, and S.G. CARPENTER. 1991a. Canopy development, yield, and fruit quality of “Empire” and “Delicious” apple trees grown in four orchard production systems for ten years. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116(2):179-187.
- ROBINSON, T.L., A. LAKSO and Z. REN. 1991b. Modifying apple tree canopies for improved production efficiency. *HortScience* 26(8):1005-1011.
- ROM, C.R. 1991. Light thresholds for apple tree canopy growth and development. *HortScience* 26(8):989-992.
- SANDOVAL, G., N. FRANCK Y REGINATO, G. 2010. Evaluación del efecto de la carga frutal, cohorte de floración y posición en la copa, sobre el tamaño del fruto y la productividad en granado (*Punica granatum* L.). Actas del 61° Congreso Agronómico de Chile, 26 – 29 Septiembre, Santiago, Chile.
- SANDOVAL, G., F. ALFARO, G. REGINATO y N. FRANCK. 2009. Evaluación del efecto de la carga frutal sobre la producción y calidad de frutos de granado (*Punica Granatum* L.). Actas del 60° Congreso Agronómico de Chile.
- SANTIBAÑEZ, F y J. URIBE. 1993. Atlas agroclimático de Chile, regiones VI, VII, VIII y IX. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. 99 pp.
- SANTIBAÑEZ, P. 2011. [On-line]. Boletín agroclimático Regional Región Metropolitana. Disponible en: http://www.agroclima.cl/descargas/Boletin_Enero_RM_2_If.pdf. Revisado el 8 de marzo de 2011.
- STOVER, E., F. WIRTH and T. ROBINSON. 2001. A method for assessing the relationships between crop load and crop value following fruit thinning. *HortScience* 36:157-161.
- SUDZUKI, F. 1988. Cultivo de frutales menores. Editorial Universitaria. Santiago de Chile .184p.
- SYVERTSEN, J.P., C. GOÑI and A. OTERO. 2003. Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of “Spring” navel orange trees. *Tree Physiology* 23: 899-906.
- TREDER, W. 2010. Crop load studies with `Jonagold` apple trees. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 18(1):59-69.
- WETZSTEIN, H., Z. ZHANG, N. RAVID and M.E. WEITZSTEIN. 2011. Characterization of attributes related to fruit size in pomegranate. *HortScience* 46(6):908-912.

- WHITING, D.W., G. LANG and D. OPHARDT. 2005. Rootstock and training system affect sweet cherry growth, yield and fruit quality. *HortScience*. 40(3): 582-586.
- WÜNSCHE, J. and I. FERGUSON. 2005. Crop interactions in apple. *Horticultural Reviews* 31: 231-290.
- WÜNSCHE, J., D. GREER., W. LAING and J. PALMER. 2005. Physiological and biochemical leaf and tree responses to crop load in apple. *Tree Physiological* 25:1253-1263.
- WÜNSCHE, J.N., J. BOWEN., I. FERGUSON., A. WOOLF and T. McGHIE. .2002. sunburn on apples – causes and control mechanisms. *Acta Horticulturae* 636:631-636
- WÜNSCHE, J.N. and A. 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.
- WÜNSCHE, J.N., J. W. PALMER and D.H. GREER. 2000. Effects of crop load on fruiting and gas-exchange Characteristics of Braeburn/M.26 Apple Trees at Full Canopy. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125(1): 93-99.
- WÜNSCHE, J. and J.W. PALMER. 1997. Effects of fruiting on seasonal leaf and whole-canopy carbon dioxide exchange of apple. *Acta Horticulturae* 451: 295-301.
- WÜNSCHE, J., A. LAKSO., T. ROBINSON., F. LENZ and S. DENNING. 1996. The bases of productivity in apple production system: the role of light interception by different shoot types. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(5): 886-893.
- YAZICI, K. and L. KAYNAK.2009. Effects of air temperature, relative humidity and solar Radiation on fruit Surface Temperatures and sunburn damage in pomegranate (*Punica granatum L.* cv. Hicaznar). *Acta Horticulturae* 818: 181-186.
- YURI, J., J. GONZALEZ., J. VERDUGO and A. DEL POZO. 2011. Responses of fruit growth, quality, and productivity to crop load in apple cv. Ultra Red Gala/MM111. *Scientia Horticulturae* 127:305–312.
- YURI, J.A.2006. Boletín técnico. *Russet* en pomáceas. *Centro de Pomáceas* 5(6):1-4.
- ZAMORANO, D., A. BENVENUTO; F. RIVAL., F. ALFARO., V. VESELY., B. WALLBERG y N. FRANCK. 2012. Efecto de la carga frutal sobre el rendimiento y la calidad de los frutos de granado (*Punica granatum L.*) bajo diferentes sistemas de formación en cinco localidades de Chile. *Actas del 63° Congreso Agronómico de Chile*, 6-9 Noviembre, Temuco, Chile.