

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA EL CONTROL DEL GOLPE
DE SOL EN FRUTOS DE GRANADO (*Punica granatum* L.)**

IGNACIO ANDRÉS DÍAZ SOLER

SANTIAGO - CHILE

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA EL CONTROL DEL GOLPE DE
SOL EN FRUTOS DE GRANADO (*Punica granatum* L.)**

**EVALUATION OF THREE METHODS FOR CONTROLLING SUNSCALD
DAMAGE IN POMEGRANATES (*Punica granatum* L.)**

IGNACIO ANDRÉS DÍAZ SOLER

SANTIAGO, CHILE

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACION DE TRES MÉTODOS PARA EL CONTROL DEL GOLPE DE
SOL EN FRUTOS DE GRANADO (*Punica granatum* L.)**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

IGNACIO ANDRÉS DÍAZ SOLER

| | Calificaciones |
|--|----------------|
| Profesor Guía | |
| Nicolás Franck B. Ingeniero Agrónomo, M. S. Ph.D. | 6,7 |
| Profesores Evaluadores | |
| Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc. | 6,4 |
| Erwin Aballay E. Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Ph.D. (c) | 7,0 |

SANTIAGO, CHILE

2012

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a la Agrícola Lafrut y ANASAC por el apoyo con los materiales entregados para la realización de la parte experimental de este trabajo.

Agradecer también la colaboración de mi profesor guía, Nicolás Franck, por su ayuda y confianza puesta en este proyecto, así como también, a los profesores Gabino Reginato y Erwin Aballay, por sus oportunos consejos en la revisión de este trabajo.

Mis más sinceros agradecimientos a Francisco Alfaro por su gran ayuda y por sus sabios consejos a la hora de llevar a cabo los ensayos.

A mis padres por el apoyo en estos años de carrera universitaria y por su gran sacrificio al entregarme siempre, con inmenso amor, todas las herramientas y valores necesarios para enfrentar esta etapa.

A mis hermanos Felipe, Pablo, Benjamín y Carolina, por estar siempre conmigo, unidos por la música y un amor familiar incondicional.

Finalmente, quiero agradecer a Karla, por su amor, compañía, entrega y apoyo absoluto estos últimos y mejores años de mi vida. Te amo.

ÍNDICE

| | Página |
|--|---------------|
| RESUMEN..... | 1 |
| Palabras clave | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| Keywords..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| Hipótesis | 6 |
| Objetivo general | 6 |
| Objetivos específicos..... | 6 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 7 |
| Materiales | 7 |
| Método..... | 7 |
| Evaluaciones..... | 10 |
| Rendimiento..... | 10 |
| Calidad comercial | 10 |
| Golpe de sol | 10 |
| Temperatura del aire y radiación solar | 11 |
| Temperatura superficial de frutos | 11 |
| Profundidad del daño | 11 |
| Presencia de residuos | 12 |
| Color | 12 |
| Análisis costo-beneficio..... | 13 |
| Diseño experimental..... | 14 |
| Análisis estadístico | 14 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 15 |
| Rendimiento | 15 |
| Calidad comercial..... | 15 |
| Proporción de fruta con golpe de sol..... | 16 |
| Temperatura del aire y frutos y radiación solar..... | 19 |

| | |
|-------------------------------|----|
| Profundidad del daño..... | 23 |
| Presencia de residuos..... | 25 |
| Color..... | 26 |
| Partidura..... | 28 |
| Análisis Costo-Beneficio..... | 29 |
| CONCLUSIONES..... | 31 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 32 |
| APÉNDICES..... | 36 |
| Apéndice I..... | 36 |
| Apéndice II..... | 37 |
| Apéndice III..... | 39 |
| Apéndice IV..... | 40 |
| Apéndice V..... | 43 |
| Apéndice VI..... | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. Esquema de instalación de la malla en los tratamientos de sombreamiento..... | 7 |
| Figura 2. Envoltura individual de frutos con cambuchos de papel en plantas de granado..... | 8 |
| Figura 3. Estado de las plantas de granado asperjadas con caolín..... | 8 |
| Figura 4. Cobertura de color leve (Izquierda), media (centro) y completa (derecha) de frutos..... | 10 |
| Figura 5. Esquema de medición del daño por golpe de sol a nivel epidermal y evaluación del daño en profundidad | 12 |
| Figura 6. Rendimiento de fruta fresca por planta para distintos tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado..... | 15 |
| Figura 7. Distribución de categorías comerciales de fruta en distintos tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado..... | 16 |
| Figura 8. Proporción de daño por golpe de sol en distintos tratamientos de control..... | 18 |
| Figura 9. Proporción de frutos con golpe de sol en la cara Este (E) y Oeste (O) de los árboles en distintos tratamientos de control del golpe de sol..... | 19 |
| Figura 10. Temperatura del aire y radiación solar durante el día en diferentes fechas de la temporada 2009 – 2010. Huechún, Región Metropolitana..... | 20 |
| Figura 11. Temperatura media superficial del fruto en el lado Este y Oeste del árbol..... | 21 |
| Figura 12. Temperatura superficial del fruto a lo largo del día para distintos tratamientos de control del golpe de sol, en frutos con exposición Este y Oeste..... | 22 |
| Figura 13. Proporción de fruta con daño en función de la temperatura máxima de la epidermis..... | 23 |

| | |
|--|----|
| Figura 14. Profundidad, diámetro ecuatorial, polar y ancho del daño en profundidad para distintas categorías de daño. | 24 |
| Figura 15. Coeficiente de variación calculado a partir de la medición con colorímetro en diferentes puntos del fruto, para distintos tratamientos de control del golpe de sol..... | 27 |
| Figura 16. Proporción de frutos de granado para cada categoría de cobertura de color, en distintos tratamientos de control del golpe de sol. | 28 |
| Figura 17. Porcentaje de fruta partida a cosecha para distintos tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado. | 29 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|--|---------------|
| Cuadro 1. Protocolo de aplicación de tratamientos con caolín (Protecsol [®])..... | 9 |
| Cuadro 2. Resumen de tratamientos..... | 9 |
| Cuadro 3. Clasificación comercial de frutos..... | 10 |
| Cuadro 4. Resumen de precios (retorno a productor) granada, temporada 2010 - 2011..... | 13 |
| Cuadro 5. Profundidad del daño en frutos de diferentes categorías de daño para distintos tratamientos de control del golpe de sol | 25 |
| Cuadro 6. Porcentaje de fruta según nivel de residuo posterior al lavado para cada tratamiento de aspersion de caolín | 26 |
| Cuadro 7. Balance costo-beneficio de los distintos tratamientos de control..... | 30 |

RESUMEN

Se evaluaron tres métodos de control del golpe de sol en granado (*Punica granatum* L.): aplicación de caolín, sombreamiento con malla y envoltura de frutos con cambuchos de papel. El estudio fue realizado en la localidad de Huechún, Provincia de Chacabuco Región Metropolitana, Chile. Se utilizaron 56 árboles a los que se les aplicaron 7 tratamientos (dos de aplicación de caolín en distintas dosis y fechas; sombreamiento con malla hasta la cosecha y hasta dos semanas antes de cosecha; envoltura individual de frutos con cambuchos de papel hasta la cosecha y hasta dos semanas antes de cosecha; y un tratamiento testigo), cada uno con cuatro repeticiones de dos árboles por unidad experimental. Durante la temporada se midió la temperatura superficial de frutos con un termómetro infrarrojo y se registró la temperatura y la radiación solar a través de una estación meteorológica durante los cuatro meses del ensayo. Al momento de la cosecha se evaluó la totalidad de los frutos en cada tratamiento determinando el número de frutos con daño por golpe de sol y agrupándolos en tres categorías de daño: leve (suave pardeamiento de la superficie), medio (fuerte pardeamiento de la superficie) y severo (ennegrecimiento de la superficie), y evaluando la presencia de residuos de caolín en frutos. Se obtuvo una muestra de 16 frutos por tratamiento para la medición de color con un colorímetro y se realizó una medición de profundidad del daño en una muestra de 20 frutos por categoría de daño. Para la determinación de la viabilidad económica de cada tratamiento se efectuó un estudio costo-beneficio. El ensayo se realizó con un diseño en bloques completamente aleatorizado y los datos fueron analizados a través de un Andeva, con un nivel de significancia del 5%, y pruebas de comparación múltiple de Tukey para separar las medias. Los resultados indican que existen diferencias entre los tratamientos, siendo la malla el método de control más efectivo, seguido por la utilización de cambuchos de papel y, finalmente, la aplicación de caolín sobre los frutos. El lado oeste de la hilera fue el más afectado por el daño, lo que se asoció a las mayores temperaturas superficiales de fruto registradas en dicha exposición. No se observaron diferencias en rendimiento, distribución de calibres, partidura y color de los frutos, sin embargo, se registró una mayor uniformidad del color en frutos tratados con cambuchos de papel. El tratamiento de sombra con malla disminuyó la profundidad del daño severo de los frutos. No se registraron diferencias en los niveles de residuo de caolín entre los dos tratamientos de aspersión. Los tres métodos utilizados ejercen un control del golpe de sol en frutos de granado. Todos los métodos resultaron económicamente viables, siendo el tratamiento de envoltura individual de frutos hasta la cosecha el más rentable, para las condiciones de nivel de daño por golpe de sol registradas en este ensayo, las cuales no fueron extremadamente altas.

Palabras clave

Caolín, malla de sombra, envoltura individual de frutos, temperatura, radiación solar, costo-beneficio.

ABSTRACT

Three methods for controlling sunscald damage in pomegranates (*Punica granatum* L.) were evaluated: kaolin spray, shading with nets and individual fruit bagging with paper bags. The study was conducted in Huechún, Chacabuco Province, Región Metropolitana, Chile. Seven treatments, with four replicates each, were implemented on a total of 56 plants. During the season, the fruit surface temperature was measured with an infrared thermometer and the air temperature and the solar radiation were registered through a meteorological station during the trial period. At harvest, the amount of fruits per tree exhibiting sunscald were counted and pooled into three damage categories: mild damage (surface yellowing), medium damage (strong surface browning) and severe damage (surface blacking) and the presence of kaolin residues on the fruits was evaluated. 16 fruit samples per treatment were obtained for measuring color, with a Minolta colorimeter. The depth of damaged tissue was measured on 20 fruits per damage category. In order to assess the economic viability of each treatment, a cost-benefit study was carried out. The trial was conducted within a completely randomized block design and the data were analyzed through an Anova at 5% significance level. Multiple comparison tests to separate means were made when necessary. The results showed differences between treatments, with net shading exhibiting the most effective sunscald control, followed by individual fruit bagging and finally, kaolin spray. The western side of the planting row was the most affected by damage, which could be related to higher fruit surface temperatures recorded on that side of the rows. There were no differences in yield, fruit size distribution, cracking and fruit color, however, a greater uniformity in the distribution of the red color was observed for bagged fruits. Shading decreased the depth of scalded tissues in severely damaged fruits. There were no differences in kaolin residues between both spray treatments. The three methods used exerted a control of sunscald of pomegranate fruits and were economically viable, being both individual fruit bagging treatments, the most profitable for the conditions of damage level registered in this trial, which were no extremely high.

Keywords

Kaolin, shading net, individual fruit bagging, temperature, solar radiation, cost-benefit.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el cultivo del granado (*Punica granatum* L.) para fruta fresca en Chile es una excelente alternativa para el desarrollo de un negocio altamente rentable. Esto se debe a que, en los últimos años, la fruta ha tenido altos precios en el mercado de exportación, alcanzando un precio promedio a consumidor cercano a 4,5 Euros/kg en el mercado europeo. Además es un cultivo que ha aumentado su volumen de exportación de manera exponencial en los últimos cuatro años, destinado principalmente a dicho mercado (Asoex, citado por Franck, 2009¹). Este aumento se debe, fundamentalmente, a la importancia que tiene el fruto de este árbol como elemento decorativo, farmacéutico e industrial.

La producción de granados en Chile ha ido creciendo los últimos diez años, llegando a una superficie plantada de 724,6 hectáreas según el último catastro frutícola (ODEPA, Chile). Su cultivo se concentra principalmente en las regiones de Atacama y Coquimbo, debido a las características climáticas favorables que presentan dichas regiones para el óptimo crecimiento y desarrollo de este frutal, que requiere altas temperaturas en su etapa de crecimiento de frutos (Franck, 2009¹). Sin embargo, uno de los mayores problemas en regiones áridas y semiáridas es el calentamiento excesivo de los frutos del granado, especialmente aquellos que se encuentran expuestos a radiación solar directa. Bajo ciertas condiciones, la temperatura de la superficie de los frutos puede llegar a ser muy alta, produciendo manchas en la piel, conocidas como golpe de sol, el que puede producir pérdidas económicas importantes, del orden del 40 a 50% (Yuri, 2001a; Yazici y Kaynak, 2009a).

El golpe de sol es un daño resultante de la exposición del fruto a altas temperaturas y radiación directa (Bastías, 1999; Van den Ende, 2000; Yuri, 2001b) que da lugar a pérdidas en rendimiento y calidad. Algunos autores afirman que corresponde a un desorden fisiológico, debido a que los altos niveles de radiación solar incidente producen un aumento de la temperatura del fruto, lo que, finalmente, causa el daño. Este se produciría como el resultado de la activación de mecanismos de defensa fisiológicos, con el objeto de disipar el exceso de energía, así como también de mecanismos enzimáticos. En condiciones de estrés por radiación y temperatura, se producirían las especies reactivas de oxígeno, las cuales causan pérdidas en la integridad de las membranas (Andrews y Johnson, 1996; Bastías, 1999; Yuri, 2001b; Raffo, 2011²), lo que finalmente generaría el pardeamiento y/o ennegrecimiento de la superficie del fruto dañada.

¹ Nicolás Franck, Ingeniero Agrónomo M. S. Ph.D, Universidad de Chile, Departamento de Producción Agrícola, 2009 (Comunicación personal).

² Dolores Raffo, Ingeniero Agrónomo. INTA EEA Alto Valle, 2011 (Comunicación personal).

Estudios realizados en Turquía, en granados cv. Hicaznar, demostraron que temperaturas del aire incluso inferiores a 30° C y radiación solar entre 610 y 900 Wm² fueron suficientes para generar daño en los frutos, los cuales alcanzaban temperaturas superficiales de 41,0 a 47,5° C (Yazici y Kaynak, 2009a). El color de la superficie del fruto dañada por golpe de sol puede variar entre pardo y negro, y además, ocurre una reducción del contenido de agua y secado de los arilos subyacentes (Yazici y Kaynak, 2009b), pudiéndose observar una notable reducción de su color bajo la zona del daño (Franck, 2010), quedando, en algunos casos, absolutamente blancos. Asimismo, otros estudios recientes han determinado que el jugo de frutos con niveles severos de daño por sol tienen un contenido total de fenoles y capacidad antioxidante significativamente menor al jugo de frutos con niveles de daño leve (Weerakkody *et al.*, 2010).

La alta sensibilidad de los granados al golpe de sol se debe a que son plantas de fructificación en las porciones distales de ramas delgadas y flexibles, las cuales se doblan con el peso de la fruta a medida que la estación avanza. Esto expone a frutos, que se han desarrollado previamente en la sombra, al sol, haciéndolos extremadamente sensibles al golpe de sol (Melgarejo *et al.*, 2004). Yuri (2009) indica que frutos que se desarrollan a la sombra durante la temporada se hacen más susceptibles al daño por sol, si son expuestos repentinamente a la radiación, comparados con aquellos que la reciben durante todo su período de crecimiento. Al parecer, estos últimos frutos son capaces de generar un mecanismo de resistencia al daño. Asimismo, el mismo autor ha mostrado, con ensayos realizados en huertos de manzanos, que la fruta va perdiendo su capacidad de resistir altas temperaturas en la medida que avanza la temporada, ya sea debido a un problema metabólico o a la menor posibilidad que tiene de disipar calor, ya que su relación superficie/volumen va disminuyendo considerablemente.

En la actualidad, se utilizan diferentes métodos para disminuir la incidencia del golpe de sol en los frutos de granado, como por ejemplo: enfriamiento por evaporación, a través de riego por aspersión; sombreamiento con mallas que disminuyen la incidencia de la luz y la temperatura; cubrimiento de frutas con bolsas de papel; aspersión con minerales reflectantes (silicato de aluminio, conocido como caolín) y productos químicos (Yazici y Kaynak, 2009b). Complementariamente, se han desarrollado variedades de maduración temprana que son menos sensibles al daño, por medio de un desarrollo de color anticipado y una cosecha temprana (Navarro, 2009) y se están estudiando sistemas de conducción “autosombreantes”, para evitar que los frutos se expongan directamente a la radiación solar y así queden protegidos por la misma copa del árbol (Franck, 2009³).

La técnica de aspersión con minerales reflectantes, como el caolín, es un método de control que está siendo muy usado para otras especies frutales sensibles al golpe de sol, como manzanos (Yuri *et al.*, 2004) y nogales (Lemus *et al.*, 2010). El caolín modificado es un silicato de aluminio [Al₂Si₂O₅(OH)₄] de color blanco, poroso, muy fino, no abrasivo, químicamente inerte bajo un amplio rango de pH, de tamaño de partícula aproximado de 1µm e inocuo para el ser humano (Prado, 2004). Se postula que este producto, aplicado a la copa de los árboles, forma una fina película blanca sobre los

³ Nicolás Franck, Ingeniero Agrónomo M. S. Ph.D, Universidad de Chile, Departamento de Producción Agrícola, 2009 (Comunicación personal).

tejidos, permitiendo la reflexión de la luz y, con ello, una menor temperatura de superficie (Yuri *et al.*, 2004). El reducido tamaño de las partículas de caolín modificado y su alta capacidad reflectante evitan la obstrucción de los estomas y, por lo tanto, no interfieren en el intercambio gaseoso y de vapor de agua (Prado, 2004). Yazici y Kaynak (2009b), observaron, en Turquía, que el tratamiento con caolín tuvo los mejores resultados en el control del daño por golpe de sol en frutos de granado ‘Hicaznar’ con aplicaciones tempranas (desde fines de enero hasta mediados de febrero para el Hemisferio Sur), en comparación con aplicaciones más tardías. Otros métodos de control con materiales inertes, como la bentonita y tierra de diatomáceas, entre otros, han sido utilizados para el control del golpe de sol en manzanos cv. Granny Smith, dando, la primera, resultados favorables para esta variedad (Aylwin, 1988).

Otro método para disminuir el golpe de sol es el sombreamiento con malla. En especies como manzanos se han utilizado mallas blancas de 18 a 35% de sombra, pues no disminuyen en gran medida el desarrollo de color de la fruta, aunque se ha visto que son menos eficientes que las negras en reducir el daño (Yuri, 2009). Para granado, se recomiendan mallas con porcentajes de sombreamiento de rangos similares, debiendo ser desplegadas dos a tres semanas después de cuaje y retiradas tres semanas antes de cosecha (Franck, 2010). En países del Medio Oriente se utilizan mallas de 10 a 30% de sombra para el control del daño (Hillel, 2009⁴), mientras estudios realizados en Turquía han demostrado que el sombreamiento con malla de 35% de sombra ha disminuido la incidencia del golpe de sol en frutos de granado ‘Hicaznar’, sin embargo, ha aumentado la partidura de éstos cuando la humedad es alta. En dicho estudio, se obtuvieron los mejores resultados de control del golpe de sol con los tratamientos que combinaron la aspersión de caolín con el sombreamiento (Yazici y Kaynak, 2009b). Yuri (2009), indica que el tratamiento con mallas de sombra de durabilidad media (3 a 4 años) tiene un costo total de implementación aproximado de US\$ 8.000/ ha, siendo la estructura de alambres y postes lo más costoso. Esto hace que el costo anual de control sea del orden de los US\$ 800 a 900/ha.

La envoltura de frutos con cambuchos de papel también se utiliza para el control del daño por sol. Esta técnica consiste en cubrir cada fruto del árbol con papel blanco, dejándolos protegidos de la radiación directa. Bentley y Viveros (1992) obtuvieron resultados favorables en el control del golpe de sol a través de la envoltura de frutos de manzano, reduciendo la incidencia de daño medio y severo en un rango de 5 a 15% con respecto a los testigos. Otro estudio, realizado en granados ‘Manfaluty’, indica que la envoltura con papel redujo la partidura de los frutos significativamente, obteniendo un 9% menos partidura que los testigos (El-Rhman, 2010). Es importante tomar en cuenta los costos de mano de obra asociados a este método de control, ya que pueden llegar a ser muy elevados, debido a que se requiere un alto número de personas, tanto para poner los cambuchos como para posteriormente sacarlos, antes de cosecha. Sin embargo, es posible optimizar esta práctica, al sacar los cambuchos al momento de la cosecha,

⁴ Ronen Hillel. Ingeniero Agrónomo, productor y asesor, 2009, Israel (Comunicación personal).

simultáneamente con esta labor, pero existe incertidumbre acerca del efecto que dicho manejo podría tener sobre el desarrollo de color de los frutos.

El sombreamiento con malla, aspersión de caolín y envoltura individual de frutos, son los métodos de control de golpe de sol más utilizados en granados debido a la alta efectividad que han demostrado tener para ciertas variedades comerciales en distintas localidades del mundo, sin embargo, no han sido estudiados bajo las condiciones de nuestro país. Debido a esto, se ha implementado un ensayo para estudiar la efectividad de estos métodos en un huerto de granados ‘Wonderful’ localizado en la zona centro-norte del país, con el fin de determinar cuál de los métodos antes descritos obtiene los mejores resultados.

Hipótesis

La aspersión de caolín, el sombreamiento con malla y la envoltura individual de frutos con cambuchos de papel reducen la incidencia del golpe de sol en frutos de granado.

Objetivo general

Determinar la efectividad de la aspersión de caolín, sombreamiento con malla, y envoltura individual de frutos con cambuchos de papel para el control del golpe de sol en frutos de granado.

Objetivos específicos

Medir la incidencia del golpe de sol en el cultivo de granado sometido a distintos tratamientos de control.

Evaluar el balance económico costo-beneficio para cada tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un huerto comercial de granados del fundo Huechún, de la agrícola Lafrut, ubicado en la Comuna de Tiltil, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana ($33^{\circ} 07' 19.55''$ S y $70^{\circ} 48' 04,13''$ O), durante la temporada 2009 – 2010.

Materiales

En el ensayo se utilizaron 56 plantas de granado de la variedad Wonderful, plantadas en 2004, en un marco de plantación de 3 x 5 metros, con hileras orientadas en sentido Norte-Sur.

Método

Se aplicaron siete tratamientos descritos a continuación:

Un testigo, sin aplicación de tratamiento para el control del golpe de sol.

Dos tratamientos de sombreado con malla negra de 18% de sombra, ubicada en la parte superior y los costados de los árboles, instalada sobre 2 postes con un listón perpendicular en la parte superior (Figura 1). Los postes se encontraban separados a una distancia de doce metros en el sentido de la hilera, formando un túnel sobre cuatro árboles consecutivos. Los costados y extremos de la malla se encontraban a cincuenta centímetros del suelo, para favorecer la ventilación al interior de ésta. Las dimensiones del túnel fueron tales que la copa de las plantas no estuviera en contacto directo con la malla. En el primer tratamiento, las mallas estuvieron instaladas durante toda la época de crecimiento del fruto a partir de enero (4 cm de diámetro ecuatorial de frutos), y se retiraron dos semanas antes de la primera cosecha, tomando en cuenta la posición del sol, de modo que un tratamiento no afecte al otro. En el segundo tratamiento, las mallas se instalaron en la misma fecha, pero se retiraron al momento de la cosecha.

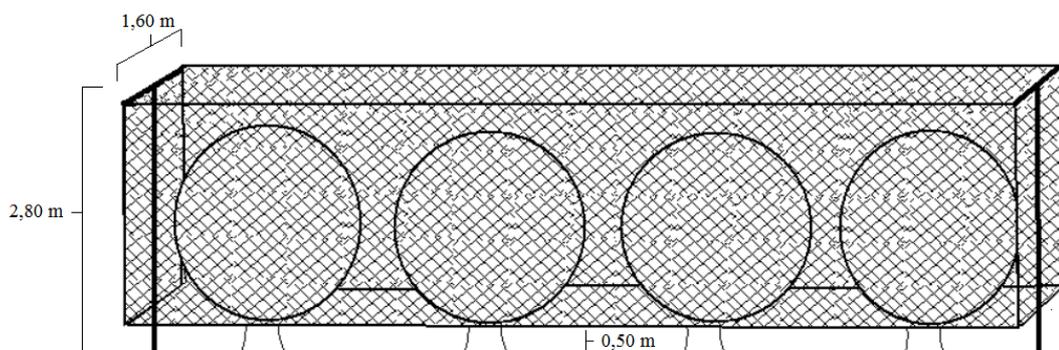


Figura 1. Esquema de instalación de la malla en los tratamientos de sombreado.

Dos tratamientos de cubrimiento individual de frutos con cambuchos de papel, tipo Papel Fruta, o Tapa Sol, utilizado en control del golpe de sol en peras. Las medidas de los papeles fueron de 43 x 30 cm, color blanco, fabricados por Papeles Santiago. La técnica consistió en envolver la totalidad de los frutos presentes en los árboles formando un cambucho abierto hacia abajo, y sellado con corchetes para evitar la abertura de éstos durante la temporada. Los frutos quedaron envueltos como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Envoltura individual de frutos con cambuchos de papel en plantas de granado.

Ambos tratamientos se realizaron a partir de enero (4 cm de diámetro ecuatorial de frutos); en el primero, los cambuchos se retiraron dos semanas antes de la primera cosecha, y en el segundo, fueron retirados al momento de la cosecha.

Dos tratamientos en base a aspersión de caolín (Protecsol[®]) (Figura 3), cuyo protocolo de aplicación se detalla en el Cuadro 1. Las aplicaciones fueron realizadas utilizando una bomba de espalda de 15 L con boquilla de bronce ajustada a gota fina, con un gasto de 0,5 L/min, durante las horas de la mañana y tarde cuando la temperatura era inferior a 24°C. Los antecedentes del producto comercial se muestran en el Apéndice I.



Figura 3. Estado de las plantas de granado asperjadas con caolín.

Cuadro 1. Protocolo de aplicación de tratamientos con caolín (Protecsol®).

| Tratamientos | Aplicación | Fecha | Dosis Kg/ha | Mojamiento L/ha |
|---|------------|------------|----------------|--------------------|
| Aplicación de caolín (Protecsol®) según recomendación comercial. | 1 | 19-01-2010 | 50 | 2000 |
| | 2 | 26-01-2010 | 50 | 2000 |
| | 3 | 02-02-2010 | 50 | 2000 |
| | 4 | 12-02-2010 | 25 | 3000 |
| | 5 | 22-02-2010 | 25 | 3000 |
| Aplicación de caolín (Protecsol®) recomendado por Melgarejo <i>et al.</i> (2004). | 1 | 19-01-2010 | 50 | 1000 |
| | 2 | 02-02-2010 | 25 | 1000 |
| | 3 | 16-02-2010 | 25 | 1000 |
| | 4 | 09-03-2010 | 25 | 1000 |

El resumen de los tratamientos con su nomenclatura se detalla en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resumen de tratamientos.

| Nomenclatura | Tratamientos |
|--------------|---|
| T0 | Testigo |
| TE2 | Envoltura individual con cambuchos de papel hasta 2 semanas antes de la cosecha |
| TEC | Envoltura individual con cambuchos de papel hasta la cosecha |
| TCC | Aspersión de caolín (Protecsol®) según protocolo del producto |
| TCM | Aspersión de caolín (Protecsol®) según protocolo utilizado por Melgarejo <i>et al.</i> (2004) |
| TS2 | Sombreamiento con malla hasta 2 semanas antes de la cosecha |
| TSC | Sombreamiento con malla hasta la cosecha |

La cosecha se realizó manualmente en dos floreos (27 de abril y 12 de mayo de 2010). El criterio utilizado fue la ausencia del color verde de fondo de los frutos y un color de cubrimiento que debía llegar a 5 R-5/12 (rojo) de tabla Munsell.

Evaluaciones

Rendimiento

Se determinó el rendimiento, expresado en kg de fruta por planta. Esto se realizó con una balanza, pesando individualmente todos los frutos cosechados por unidad experimental.

Calidad comercial

Se realizó una distribución de calidad de acuerdo a peso y color (Cuadro 3). Las categorías de cada clasificación comercial corresponden a un parámetro de color de cubrimiento de los frutos (Figura 5), donde aquellos de cobertura media y completa pertenecen a la Categoría 1, los de cobertura leve pertenecen a la Categoría 2, y los frutos de calibre 30 (4,2 Kg/caja), sin restricción de color de cubrimiento, pertenecen a la categoría 3. Los frutos con pesos menores a 140 g fueron clasificados como frutos de descarte.

Cuadro 3. Clasificación comercial de frutos.

| Peso de frutos (g) | 140-159 | 160-279 | 280-469 | ≥ 470 | 160-324 | 325 - 469 | ≥ 470 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|------------|---------|-----------|------------|
| Calibre (Frutos/caja de 4,2 kg) | 30 | 18-16 | 14-10 | 8-6 | 18-14 | 12-10 | 8-6 |
| Categoría | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |



Figura 4. Cobertura de color leve (Izquierda), media (centro) y completa (derecha) de frutos.

Golpe de sol

Se determinó el porcentaje de daño por golpe de sol en base a peso de fruta dañada, en los frutos considerados con un tamaño comercial (≥ 140 g). Para ello, la fruta fue cosechada según exposición este y oeste, y fue caracterizada, según la incidencia del

daño, en cuatro categorías visuales: fruta sana (sin daño por golpe de sol), fruta con daño leve (amarillamiento de la superficie expuesta), fruta con daño medio (pardeamiento de la superficie expuesta) y fruta con daño severo (necrosis o ennegrecimiento de la superficie expuesta); y se comparó la proporción de frutos con daño del sector este con la del sector oeste.

Temperatura del aire y radiación solar

Se midió la temperatura del aire y radiación solar incidente durante el período de crecimiento de frutos, mediante una estación meteorológica (Davis Instruments, modelo Vantage Pro, EE.UU.), ubicada a 100 metros del huerto.

Temperatura superficial de frutos

Se midió la temperatura de la superficie de los frutos con una pistola infrarroja de amplio rango (Extech Instruments, modelo 42530, EE.UU.) cada 14 días, desde el 21 de febrero hasta el 10 de abril, cada dos, horas desde las 9:00 hasta las 19:00 h, en dos frutos por árbol, uno con exposición este y otro oeste.

Profundidad del daño

Se caracterizó la profundidad del daño del golpe de sol en la fruta para cada categoría de daño. Con este fin, se determinó el diámetro vertical y horizontal del daño a nivel de epidermis, en un fruto por categoría de cada unidad experimental. Los frutos se cortaron transversalmente (Figura 5), comenzando desde el centro de la mancha superficial de golpe de sol. Se midió con una regla el espesor máximo del tejido afectado, desde la epidermis al margen interior del daño. A su vez, se determinó el ancho del daño cercano a la epidermis y a mayor profundidad.

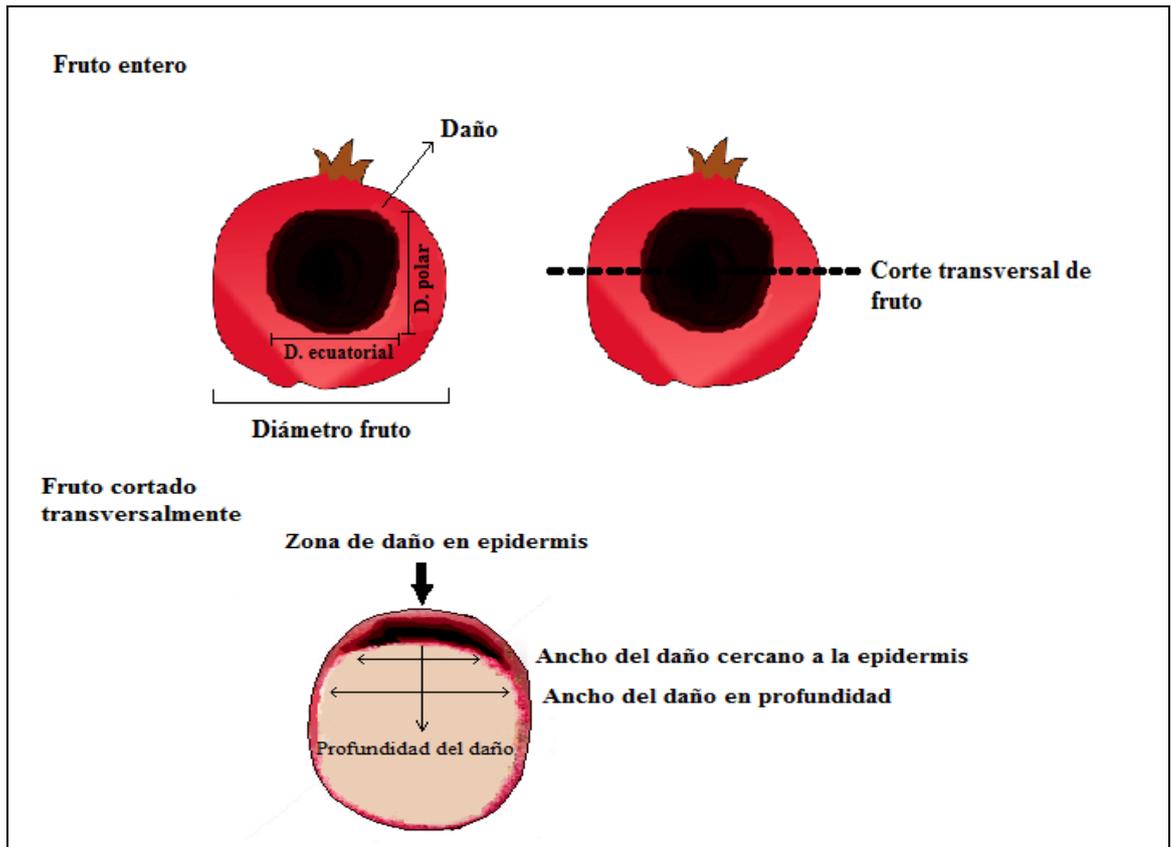


Figura 5. Esquema de medición del daño por golpe de sol a nivel epidermal y evaluación del daño en profundidad.

Presencia de residuos

Se evaluó la presencia de residuos de caolín en la fruta luego de simular su remoción, a través de una ducha con agua a presión. La fruta se clasificó en cuatro categorías según el nivel de residuos detectados visualmente: (N0) residuos no detectables, (N1) presencia leve (Menos del 20% de la superficie del fruto con residuos), (N2) media (20 a 50% de la superficie del fruto con residuos) y (N3) abundante (más del 50% de la superficie del fruto con residuos).

Color

El color se determinó en 16 frutos por tratamiento (cuatro por unidad experimental), y fue evaluado a través de una medición con un colorímetro (Minolta, CR 200b; Japón), con iluminante D₆₅, en ocho puntos distintos del fruto, obteniendo valores de L, a y b, según sistema CIELAB. Dichos valores fueron utilizados para determinar el croma (C*) y tono (h°) de acuerdo a las fórmulas descritas por McGuire (1992). Los frutos fueron escogidos bajo el mismo criterio de madurez y tamaño, con más de un 50% de color de cubrimiento. Además, se realizó una clasificación de la totalidad de los frutos de cada repetición, separándolos en tres categorías visuales de cobertura de color de cubrimiento: (1) cobertura leve (10 a 39% de la superficie con color de cubrimiento);

(2) cobertura media (40 a 80% de la superficie con color de cubrimiento) y (3) cobertura completa (más del 80% de la superficie con color de cubrimiento) (Figura 4).

Análisis costo-beneficio

Se efectuó un análisis costo-beneficio de cada método. Para ello se calcularon los costos totales asociados a cada tratamiento, en comparación con los ingresos totales por venta de fruta, según los precios obtenidos de acuerdo a los parámetros de calidad de frutos.

Los precios de fruta utilizados en esta investigación se muestran en el Cuadro 4. Los pesos de frutos están calculados en base al calibre por cajas de 4.2 kg y las categorías corresponden a clasificaciones en base al color de cubrimiento (Categorías 1 y 2) y tamaño de frutos (Categoría 3). Las clasificaciones visuales de cobertura de color media y completa corresponden a frutos de Categoría 1 y la de cobertura leve corresponde a los frutos de categoría 2.

Cuadro 4. Resumen de precios (retorno a productor) granada temporada 2010 – 2011.

| Peso de frutos (g) | 140-159 | 160-279 | 280-469 | >=470 | 160-324 | 325 - 469 | >=470 |
|--------------------|---------|---------|---------|-------|---------|-----------|-------|
| Calibre | 30 | 18-16 | 14-10 | 8-6 | 18-14 | 12-10 | 8-6 |
| Categoría | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Precio (US\$/kg) | 0,10 | 0,60 | 0,75 | 0,85 | 1,00 | 1,05 | 1,15 |

Fuente: Agrícola INH, Las Cañas (2011).

Para el cálculo de los ingresos por fruta de exportación según tratamiento (Apéndice II), se realizó una distribución en base a los calibres y sus respectivas categorías presentes en el Cuadro 4 y se obtuvo el ingreso, por hectárea, de acuerdo a la calidad comercial, rendimiento y porcentaje de partidura promedio obtenida entre todos los tratamientos. Asimismo, se aplicaron los porcentajes de golpe de sol obtenidos en cada tratamiento.

Para los costos de instalación de malla de sombra, se contempló una inversión inicial correspondiente a la construcción de la estructura y se realizó una depreciación de los materiales según su vida útil, establecida por el Servicio de Impuestos Internos. Los materiales para la estructura de soporte y malla de sombra se depreciaron a 10 y 3 años respectivamente con un valor residual equivalente a 0 (Apéndice II).

Los costos de envoltura individual de frutos con cambuchos de papel contemplaron una inversión inicial de corcheteras depreciadas en cuatro años con un valor residual equivalente a 0, y el resto de los costos de dicho tratamiento son anuales (Apéndice II).

Los costos de aplicación de caolín (Apéndice II), se calcularon para ambos tratamientos, en base a la compra de la maquinaria (tractor y nebulizadora), debido a que resulta más conveniente, en términos económicos, la realización de una inversión, que el arriendo

de la misma (apéndice III). Para la obtención del costo jornada máquina (JM) se contempló la inversión correspondiente al tractor, nebulizadora, techo, costos variables y costos fijos (apéndice IV), y se calculó el costo unitario de una hora de aplicación en base al total de horas que se utilizan dichas máquinas para todas las labores del huerto de granados donde se realizó el ensayo.

Diseño experimental

Se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estaba compuesta por dos plantas, conformando un total de 14 plantas por bloque. Se incluyeron plantas e hileras sin tratamientos entre los bloques, para evitar el efecto borde.

Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico los datos en base a porcentaje fueron sometidos a la transformación angular de Bliss. Los datos fueron analizados a través de un Andeva, con un nivel de significancia del 5% a través del programa computacional Minitab 15. Habiendo diferencias entre los tratamientos, se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey, para separar las medias. Se realizó un análisis de regresión con el programa computacional CurveExpert 1.4, utilizando la temperatura de los frutos como variable independiente y la proporción de frutos dañados por golpe de sol como variable dependiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Los rendimientos (Figura 6) no fueron diferentes estadísticamente, obteniendo valores entre los 28 y 41 kg/planta. Lo anterior no concuerda con el aumento de rendimiento por aplicaciones de caolín reportado en manzanos (Glenn *et al.*, 2001), ciruelos, cítricos (Erez y Glenn, 2004) y granados ‘Manfality’ (El-Rhman, 2010), debido a un aumento del peso promedio de los frutos. Asimismo, este último indica un aumento en el rendimiento con la envoltura de frutos con bolsas de papel en granados.

Con respecto al sombreamiento con malla, los resultados concuerdan con lo obtenido por Stampar *et al.* (2002) y Amarante *et al.* (2011) con malla negra de 18 – 25% de sombra en manzanos. Sin embargo, en otros estudios, la sombra por mallas ha mostrado una reducción del rendimiento y tamaño de los frutos en manzano cuando el vigor del árbol no ha sido correctamente controlado (Middleton y McWaters, 2002), lo que se atribuye a una menor disponibilidad de luz para la fotosíntesis, disminuyendo así, la acumulación de reservas de carbohidratos y la diferenciación de las yemas florales de la temporada siguiente (Middleton y McWaters, 2002; Amarante *et al.*, 2011).

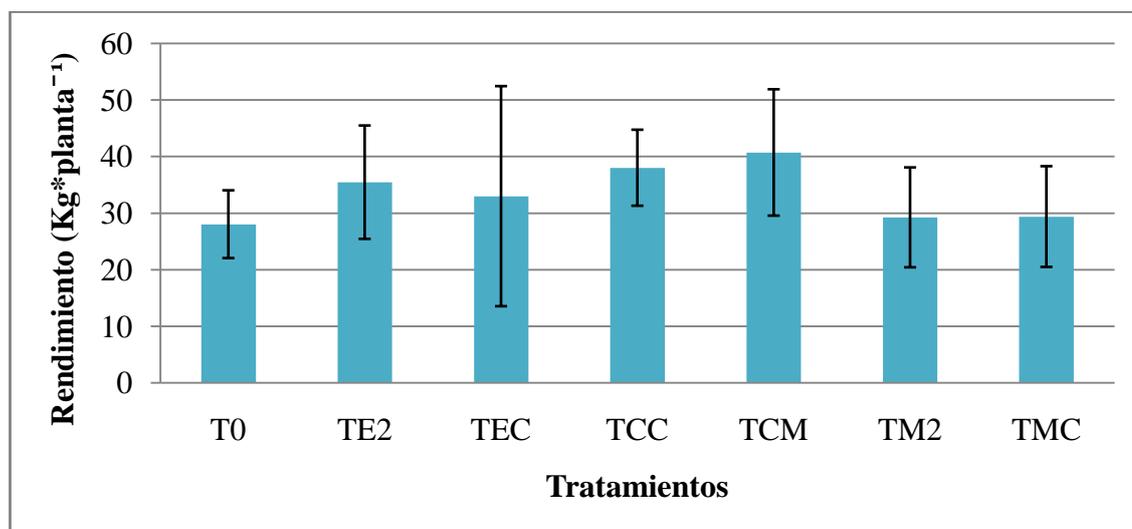


Figura 6. Rendimiento de fruta fresca por planta para distintos tratamientos de control de golpe de sol en frutos de granado.

Calidad comercial

La distribución en categorías comerciales (Figura 7), no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los pesos de fruto predominantes correspondieron a 160 g y 469 g en la Categoría 1 (cobertura de color media a completa según las

evaluaciones del ensayo). Los frutos de la Categoría 2 obtuvieron proporciones menores, seguidos por los frutos de Categoría 3 y no comerciales.

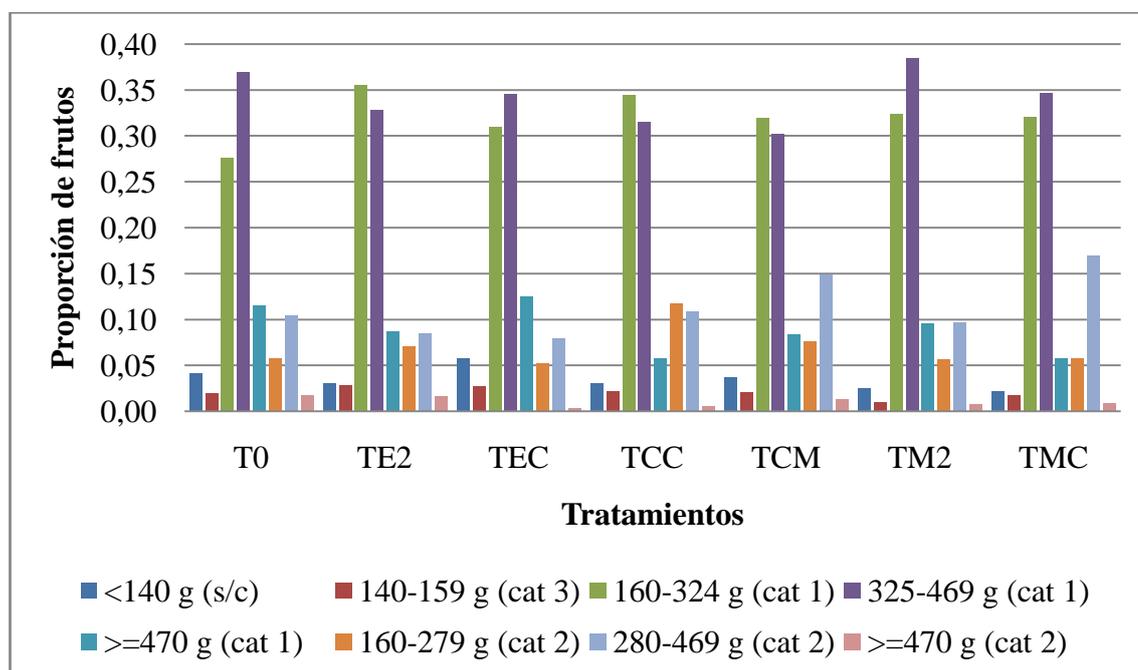


Figura 7. Distribución de categorías comerciales de fruta en distintos tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado.

Proporción de fruta con golpe de sol

El testigo obtuvo un porcentaje de fruta dañada por golpe de sol de 11,6%, dentro del cual, la proporción de fruta con daño leve corresponde a un 7%, seguido de una proporción de fruta con daño medio de 2,7% y finalmente los frutos con daño severo correspondieron a un 1,9% (Figura 8). Esto indica que el nivel de daño en este ensayo no fue muy elevado, en comparación a estudios realizados por Melgarejo *et al.*(2004) y Yazici y Kaynak (2009a), donde obtuvieron porcentajes de daño del orden del 30%.

Los dos tratamientos de envoltura con cambuchos de papel controlaron significativamente el golpe de sol, obteniendo un porcentaje de daño total de 3,4% y 2,8% en el tratamiento de envoltura de frutos hasta dos semanas antes de cosecha y hasta cosecha respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos. La fruta con daño leve correspondió, en ambos tratamientos, a la mayor proporción del total, seguida por el daño medio y severo. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Bentley y Viveros (1992) en el control del golpe de sol en manzanas, quienes lograron reducir el daño por sol para categorías más severas.

La aspersión de caolín tuvo un resultado positivo cuando se siguió el protocolo comercial del producto, obteniendo un 4,0% de frutos con daño. Esto coincide con resultados obtenidos por otros autores en estudios realizados en granados ‘Mollar de

Elche' (Melgarejo *et al.*, 2004) y 'Hicaznar' (Yazici y Kaynak, 2009a), así como también en manzanos (Glenn *et al.*, 2002; Yuri *et al.*, 2004; Schupp *et al.*, 2004; Le Grange *et al.*, 2004; Wünsche *et al.*, 2004; Torres, 2005; Gindaba y Wand, 2005; Wand *et al.*, 2006) y nogales (Lemus *et al.*, 2010), quienes indican que se logró reducir el daño por sol utilizando un producto comercial con la misma composición. Sin embargo, la metodología utilizada por Melgarejo *et al.* (2004) no tuvo diferencias estadísticas significativas con el testigo, no obstante obtuvo una media de 6,5%, la cual es numéricamente inferior. En este último caso, la ausencia de control del daño puede deberse a un mojamiento deficiente de los árboles, debido a que el volumen de agua utilizado fue significativamente menor, lo que posiblemente impidió llegar con el producto a todas las partes del árbol de forma abundante. Otra razón podría ser la separación temporal entre las aplicaciones, lo que impediría la acumulación necesaria de residuos de caolín en los frutos para evitar el daño. Respecto a lo anterior, Glenn *et al.* (2002) afirman que una mayor concentración de residuos en la fruta, a causa de un mayor número de aplicaciones, está proporcionalmente relacionada con la disminución de la temperatura superficial de los frutos, lo que podría explicar la mayor efectividad del tratamiento según el protocolo comercial del producto en el que se realizó una mayor cantidad de aplicaciones (Cuadro 1).

Los tratamientos de sombreamiento con malla obtuvieron el menor daño total, siendo de 2,3 y 1,6% para el tratamiento con malla hasta dos semanas antes de cosecha y el tratamiento con malla hasta la cosecha, respectivamente. Siendo este último, el método más efectivo, con un 0,3% de daño medio y un 0% de daño severo. Esto concuerda con estudios realizados por Arndt (1992), quien obtuvo resultados positivos en el control del daño por sol en manzanos con 30% de sombra, alcanzando una disminución del golpe de sol de un 15% por sobre los testigos. Esto indica resultados aún más favorables que los obtenidos en el presente estudio, posiblemente debido a que el nivel de sombra utilizado fue notoriamente mayor. Asimismo, Gindaba y Wand (2005) afirman que el tratamiento con malla de 20% de sombra resultó ser el más efectivo en el control del daño en comparación con la aspersion de caolín en manzanos. Vásquez (1998) y Yuri (2001b), a su vez, dan cuenta de resultados similares con el sombreamiento por malla, alcanzando un 13% más de fruta sana con respecto a los tratamientos testigo. No obstante, las mallas negras con 18% de sombra se muestran como las más adecuadas, debido a que no mostraron un efecto negativo en el desarrollo del color de la fruta ni en la inducción floral de la temporada siguiente (Yuri *et al.*, 2000). De acuerdo con lo anterior, Van den Ende (2000), indica que cuando se reduce el nivel de iluminación un 17% por sombreamiento, se está controlando aproximadamente el 75% del golpe de sol.

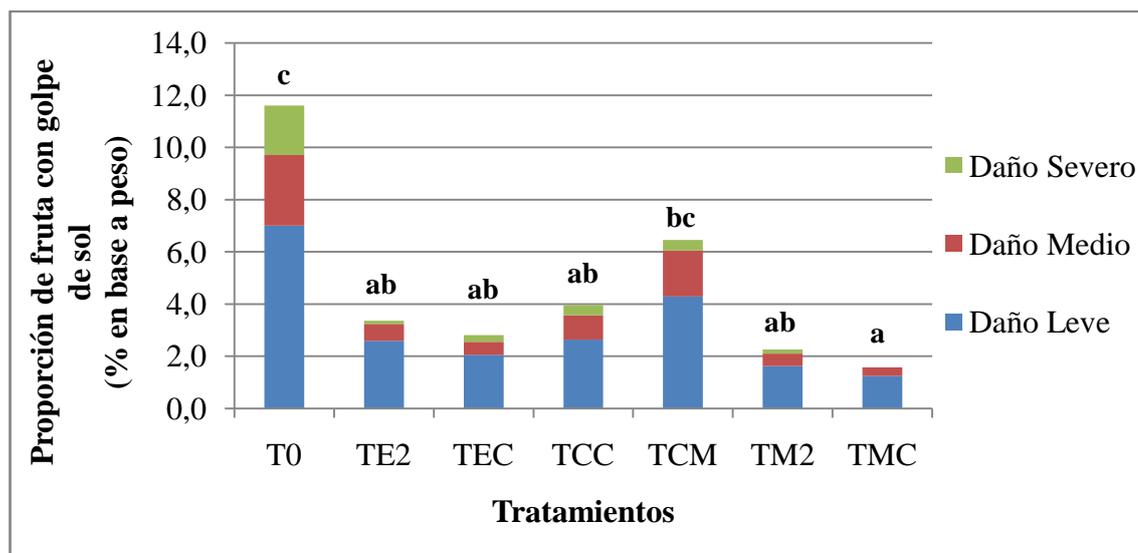


Figura 8. Proporción de daño por golpe de sol en distintos tratamientos de control. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$).

La exposición oeste fue la más afectada en todos los tratamientos (Figura 9), registrándose diferencias estadísticas significativas en los tratamientos de caolín y sombreado con malla hasta dos semanas antes de cosecha. Esta situación ocurre debido a que, a pesar que ambas exposiciones reciben aproximadamente la misma cantidad de radiación solar, las máximas temperaturas del día se alcanzan en horas de la tarde, cuando el sol se ubica en el oeste, teniendo mayor incidencia en los frutos que se encuentran con dicha exposición y haciéndolos alcanzar temperaturas superficiales mayores. Esto concuerda con lo planteado por algunos autores, quienes indican que la temperatura del aire necesaria para que ocurra daño por sol es de aproximadamente 28 a 32° C, con ciertas diferencias entre especies y variedades (Arndt, 1992; Schrader *et al.*, 2001; Yuri, 2009). Asimismo, Yazici y Kaynak (2009b) observaron que el golpe de sol en granados ‘Hicaznar’ ocurre cuando la temperatura superficial de los frutos excede los 40°C, con temperaturas del aire por sobre los 30°C, y radiaciones solares mayores a 600 Wm^{-2} , valores que fueron alcanzados en este estudio, principalmente, durante la tarde (Figura 10). Yuri y Lepe (2010) concluyen, tras una década de investigaciones realizadas en manzanos, que la ubicación de la fruta en la planta, la edad de ésta y la orientación de las hileras son incidentes en la presencia del daño por sol. A su vez, concuerdan en que la fruta más afectada es aquella que se encuentra en la zona periférica superior del árbol, en la cara oeste del mismo. En la misma línea, Gajardo (1994) observó que la orientación oeste presentó el mayor porcentaje de fruta con golpe de sol, siendo la exposición en esta zona del árbol coincidente con las horas de mayor radiación y temperatura.

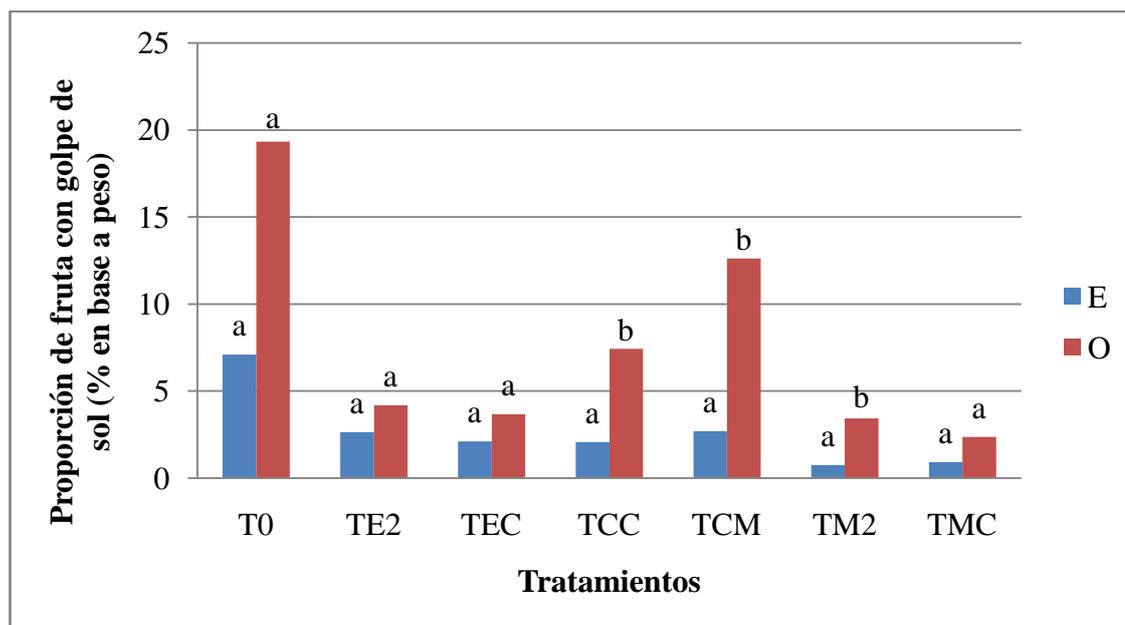


Figura 9. Proporción de frutos con golpe de sol en el lado este (E) y oeste (O) de los árboles en distintos tratamientos de control del golpe de sol. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre las dos caras del árbol ($p \leq 0,05$).

Temperatura del aire y frutos y radiación solar

La temperatura del aire medida en este ensayo (Figura 11), da cuenta de un aumento significativo desde las primeras horas de la mañana hasta llegar a un pico que varía entre las 14:30 y las 17:00, dependiendo de la fecha de medición. Las temperaturas máximas registradas los meses de febrero, marzo y abril fueron de 34,6°C, 35,6°C y 31,7°C respectivamente, valores que se encuentran por sobre la temperatura umbral de daño, según Yazici y Kaynak (2009b). Raffo y Rodríguez (2007), a su vez, afirman que la sumatoria de horas por sobre la temperatura umbral es una herramienta de gran utilidad para explicar este fenómeno, lo que implica que las condiciones térmicas de cada temporada tienen un efecto significativo en la proporción de fruta dañada.

La radiación solar alcanzó los valores máximos a las 14:00 horas, sobrepasando, en cada una de las fechas, el umbral de daño establecido por Yazici y Kaynak (2009b), el cual corresponde a 600 Wm⁻². La radiación sobrepasa dicho umbral a las 12:00 horas entre febrero y marzo y se mantiene por sobre el mismo hasta aproximadamente las 15:00 – 17:00 horas.

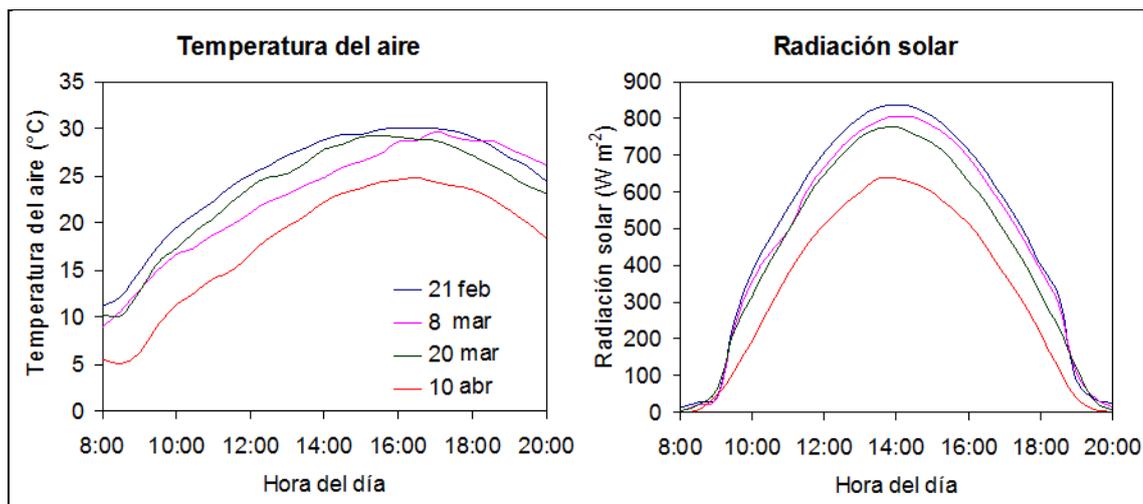


Figura 10. Temperatura del aire y radiación solar durante el día en diferentes fechas de la temporada 2009 – 2010. Huechún, Región Metropolitana.

La temperatura media superficial de frutos, de todas las fechas y horarios de medición (Figura 11), indican una diferencia significativa entre los tratamientos y el testigo, el cual obtuvo los valores más altos.

El tratamiento de sombra con malla obtuvo la temperatura superficial de fruto más baja del ensayo, con valores promedio menores a 24°C, y con temperaturas 3,5°C menores que el testigo. Lo anterior concuerda con Yuri *et al.* (2000), quienes registraron una temperatura de frutos, protegidos por malla de 18% de sombra, de 2 a 3°C menos que el testigo.

El tratamiento de envoltura con cambuchos de papel obtuvo una menor temperatura superficial de frutos que el testigo con una diferencia de 2,4°C, y los valores alcanzados fueron estadísticamente mayores a los del tratamiento de sombra.

La aspersión de caolín, con las dos metodologías utilizadas, no disminuyó la temperatura superficial de los frutos en comparación con el testigo. Estos resultados no coinciden con los de otros estudios realizados en España (Melgarejo *et al.*, 2004), los cuales indican que la temperatura superficial de frutos en el tratamiento de caolín es 4,9 °C menor que la de los frutos del testigo.

La exposición oeste obtuvo la mayor temperatura de frutos en todos los tratamientos, registrándose diferencias estadísticas significativas en el tratamiento de aspersión de caolín recomendado por Melgarejo *et al.* (2004) y sombreado con malla hasta la cosecha.

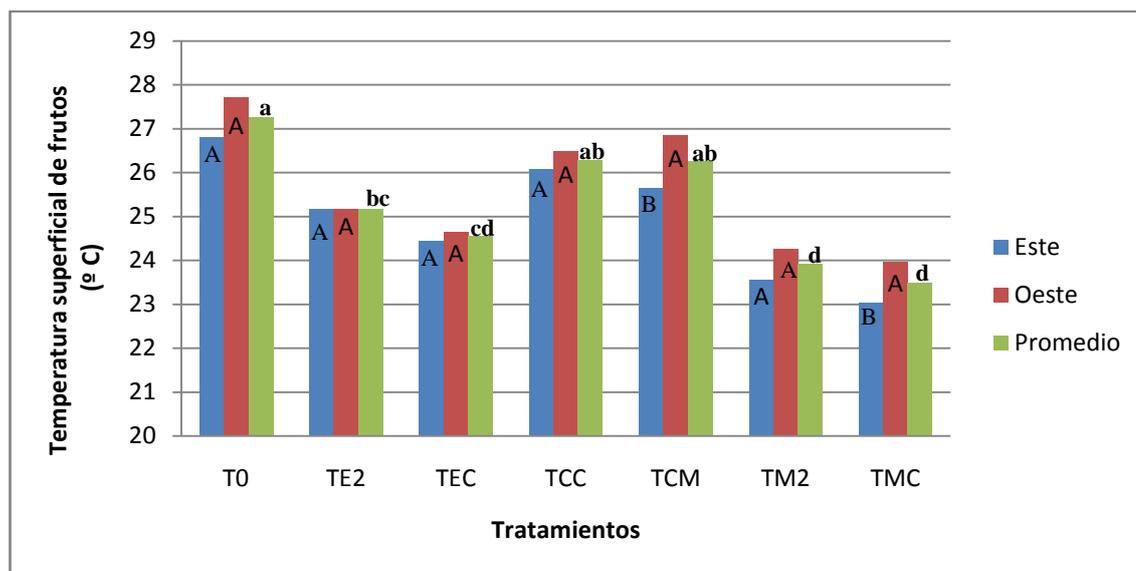


Figura 11. Temperatura media superficial del fruto en el lado este y oeste del árbol. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas entre las columnas promedio de cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Letras mayúsculas distintas indican diferencias estadísticas significativas entre exposición este y oeste en cada tratamiento ($p \leq 0,05$).

Los frutos obtuvieron temperaturas mayores que la del aire, tanto para horas de la mañana como para la tarde (Figura 12), existiendo una diferencia máxima promedio de 11,02°C y 12,09°C entre los frutos testigo y el aire, a las 11:00 y 17:00 horas respectivamente. Lo anterior concuerda con estudios realizados en granados ‘Hicaznar’ (Yazici y Kaynak, 2009a), donde se observa que con temperaturas del aire por sobre los 30°C se detectan temperaturas superficiales de fruto sobre los 40°C. Yuri (2009) y Raffo (2004), a su vez, indican que estudios realizados en huertos de manzanos han mostrado que, bajo condiciones extremas, la temperatura de la piel de los frutos expuestos directamente al sol puede superar hasta en 15°C la temperatura del aire que los rodea. Asimismo, Shrader *et al.* (2003) obtuvieron una alta correlación entre la temperatura máxima del aire y la temperatura máxima superficial de frutos, estimando que con temperaturas de 32°C entre las 11:00 y las 17:00 horas, los frutos pueden alcanzar 46,7°C en la superficie.

Se observó diferencias significativas entre la temperatura superficial de fruto registrada a las 11:00 y 13:00 horas, en frutos con exposición este, y a las 15:00 y 17:00 horas, en frutos con exposición oeste, siendo los tratamientos con malla de sombra y envoltura individual de frutos los que alcanzaron la mayor diferencia, de 8,65°C y 5,9°C menos que el testigo respectivamente.

Durante la mañana, los frutos alcanzan temperaturas menores que en la tarde, ya que la temperatura del aire es más baja, por lo tanto, cuando el sol incide directamente en ellos, la temperatura no llega a los niveles necesarios para producir el daño. Así, a pesar de que ambas exposiciones reciben niveles de radiación solar comparables, durante la tarde, los frutos del oeste están sometidos a mayores temperaturas del aire (Figura 10). Al respecto, Vásquez (1998) indica que la radiación solar aumenta paulatinamente

durante el día hasta llegar a un máximo a medio día solar, entre las 13:00 y las 15:00 horas, para decrecer posteriormente. En tanto, la temperatura de la pulpa de la fruta sigue un comportamiento similar, pero desfasada, alcanzando su máximo entre las 15:00 y las 17:00 horas.

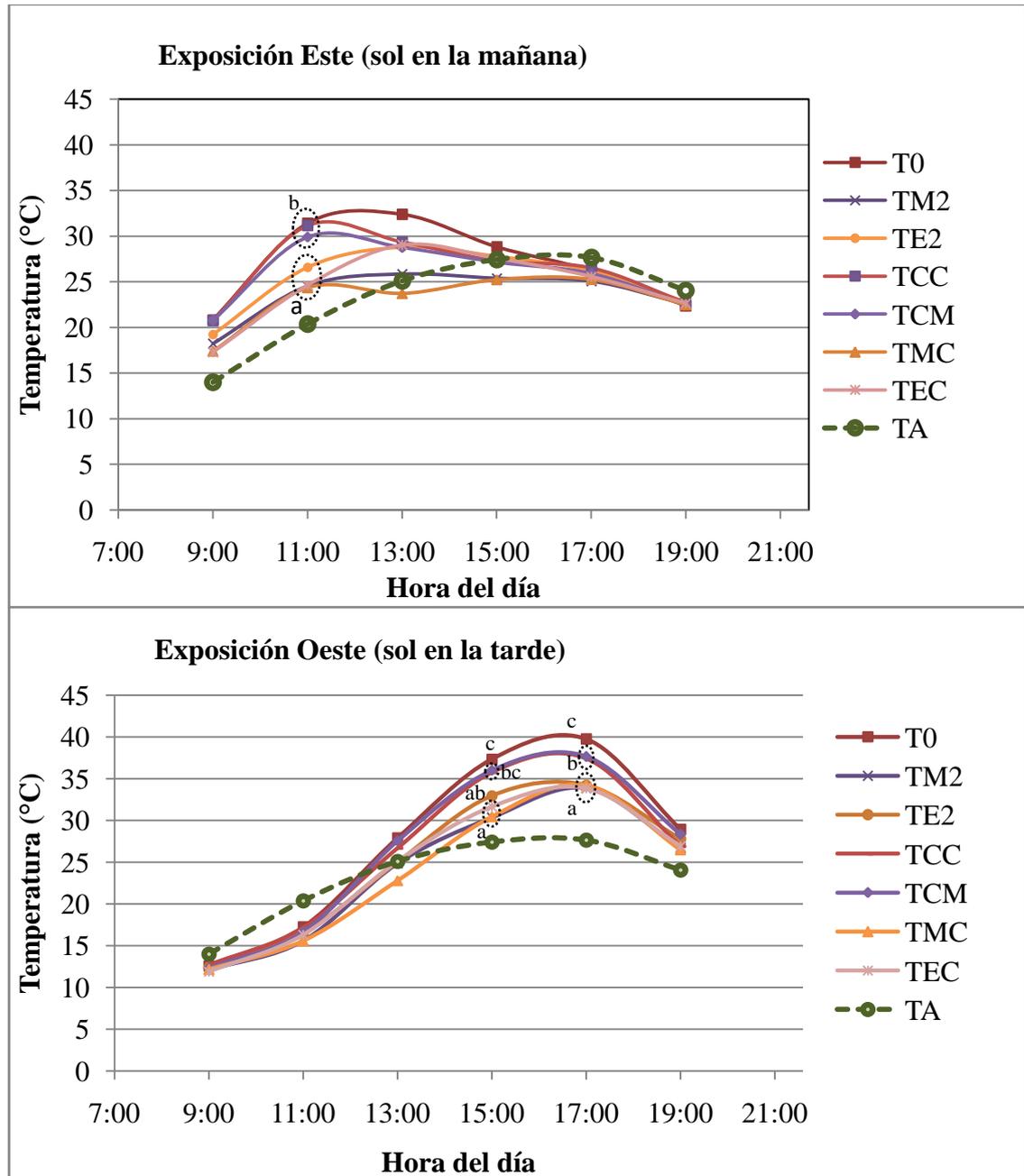


Figura 12. Temperatura superficial del fruto a lo largo del día para distintos tratamientos de control del golpe de sol, en frutos con exposición este y oeste. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$). TA: Temperatura ambiente.

La temperatura máxima de la epidermis y la proporción de fruta dañada por sol (Figura 13) están altamente asociadas con un alto coeficiente de correlación. Lo anterior implica que la temperatura epidermal es uno de los factores principales en la aparición del daño,

tal como lo indican distintos autores (Arndt, 1992; Bastías, 1999; Schrader *et al.*, 2001; Schrader *et al.*, 2003; Melgarejo *et al.*, 2004; Yuri, 2009; Yazici y Kaynak, 2009a).

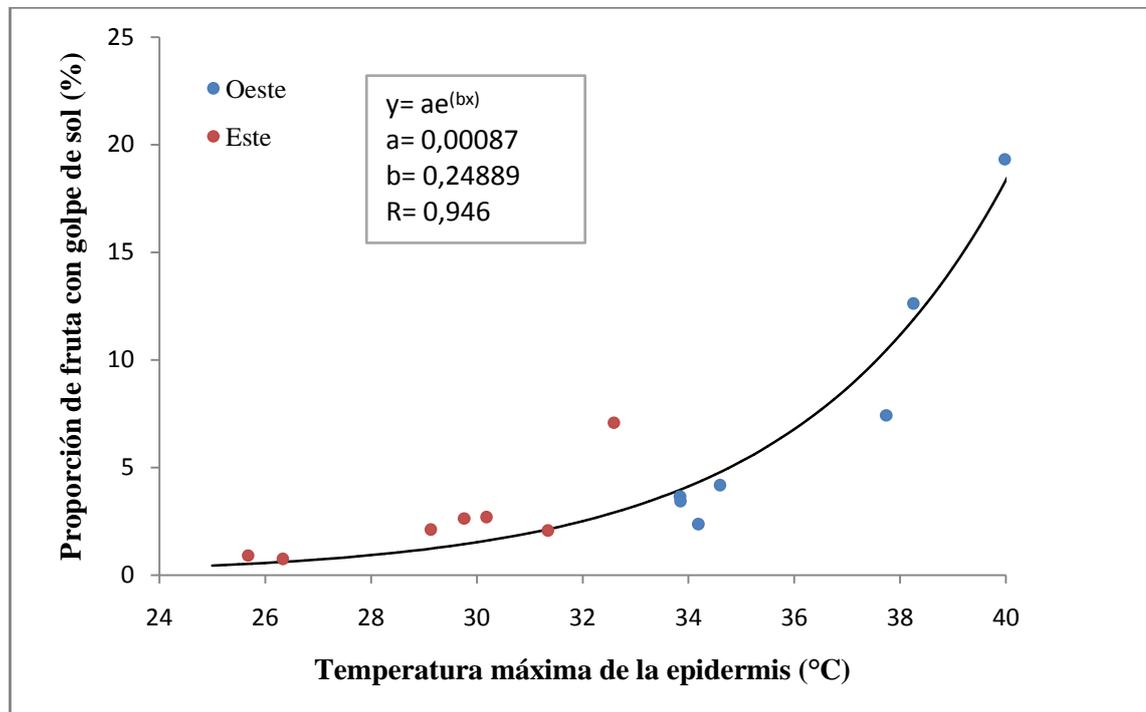


Figura 13. Proporción de fruta con daño en función de la temperatura máxima de la epidermis.

Profundidad del daño

El daño interno del fruto se manifiesta a través de una decoloración significativa de los arilos y un desecamiento de ellos, dándoles un aspecto blanquecino, prácticamente en su totalidad.

Los resultados para la profundidad, diámetro ecuatorial y polar y ancho del daño en profundidad, según categoría de daño (Figura 14) muestran que el daño severo posee un deterioro en profundidad significativamente mayor que la categoría de daño medio y leve. Sin embargo, no existe una diferencia significativa entre estas dos últimas. Weerakkody *et al.* (2010) demostraron que el jugo de frutos con niveles altos de daño por sol tienen un contenido total de fenoles y capacidad antioxidante significativamente menor al jugo de frutos con niveles de daño leve. Esto podría deberse a que la proporción de arilos afectados bajo diferentes categorías de daño es distinta, lo que posiblemente podría influir en la composición bioquímica del jugo del fruto.

La profundidad del daño severo llegó, en algunos casos, a sobrepasar el 50% del diámetro del fruto, lo que se traduce en que aproximadamente la mitad de los arilos se encontraban afectados.

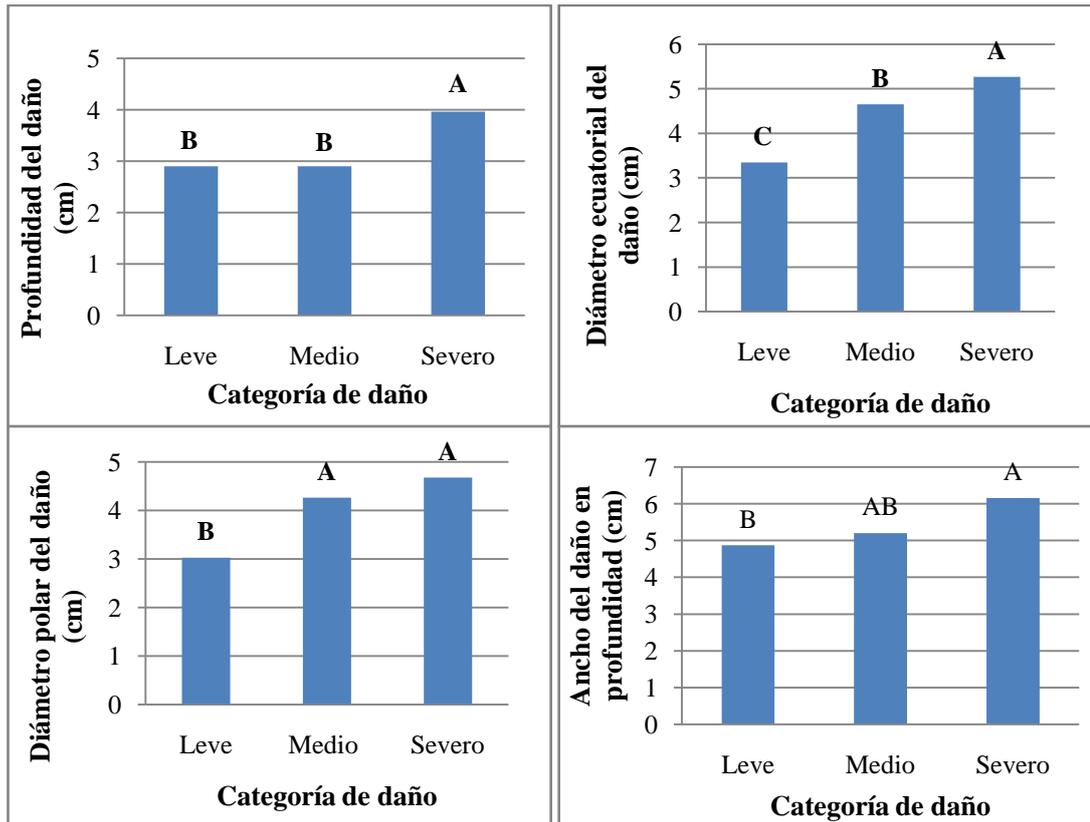


Figura 14. Profundidad (arriba izquierda), diámetro ecuatorial (arriba derecha), polar (abajo izquierda) y ancho del daño en profundidad (abajo derecha), para distintas categorías de daño. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre las categorías ($p \leq 0,05$).

No existió un efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre la profundidad del daño en los frutos con daño leve y medio (Cuadro 5). Estos resultados permiten afirmar que, una vez que el fruto está dañado, la decoloración de los arilos estará determinada principalmente por el nivel de daño visual en la superficie de éste, independiente del método de control. De la misma manera, Weraakoddy *et al.* (2010) no encontraron un efecto significativo sobre el contenido total de fenoles y capacidad antioxidante en el jugo de frutos con daño por golpe de sol, tras la aplicación de diferentes tratamientos de cubierta protectora química. En cuanto a la profundidad de daño en frutos con daño severo, se registraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento de sombra hasta la cosecha y el testigo, siendo este último, significativamente mayor.

Cuadro 5. Profundidad del daño en frutos de diferentes categorías de daño para distintos tratamientos de control del golpe de sol.

| Tratamiento | Profundidad del daño | | |
|-------------|----------------------|-------------|----------|
| | Leve | Medio cm | Severo |
| T0 | 3,17 a | 3,4 a | 4,725 a |
| TE2 | 3,375 a | 3,075 a | 4,125 ab |
| TEC | 2,9 a | 3,275 a | 3,825 ab |
| TCC | 2,675 a | 3,15 a | 3,775 ab |
| TCM | 3,225 a | 3,375 a | 3,725 ab |
| TM2 | 2,5 a | 3,35 a | 3,9 ab |
| TMC | 2,45 a | 3,675 a | 3,65 b |

Letras distintas verticalmente indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$).

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre la superficie dañada de los frutos con golpe de sol, no se observó una tendencia clara en la distribución de los frutos afectados (apéndice V).

Presencia de residuos

Al comparar los tratamientos con caolín posterior al lavado de los frutos (Cuadro 6), la proporción de fruta sin presencia de residuos y con presencia abundante, no fueron diferentes entre los tratamientos. Por otro lado, existieron diferencias estadísticas para la proporción de frutos con presencia leve de residuos, siendo mayor el tratamiento con el protocolo comercial. Así, el porcentaje de frutos en las categorías de menor presencia de residuos (ausencia o presencia leve) fue de 85,5% para el protocolo comercial versus sólo 68,4% al seguir el protocolo de Melgarejo *et al.* (2004). Contrariamente, el porcentaje de frutos con presencia media de residuos fue significativamente mayor bajo el tratamiento según el protocolo de Melgarejo *et al.* (2004). Las diferencias detectadas se pueden deber a que la última aplicación del tratamiento con el protocolo comercial se realizó 15 días antes que la última aplicación del tratamiento recomendado por Melgarejo *et al.* (2004), lo que significó un mayor tiempo en el que los residuos pudieron disminuir en la fruta por efecto de otros factores ambientales. Esto traería como consecuencia una menor proporción de fruta con niveles altos de residuo al momento del lavado. En cuanto al nivel promedio de residuos de cada tratamiento de aspersión de caolín, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre ambos.

Un inconveniente importante de la utilización de caolín en frutas es la dificultad de la remoción completa de los residuos (Schupp *et al.* (2002), citado por Melgarejo *et al.*, 2004). Al respecto, Prado (2004) afirma que, en el caso de manzanas, un pequeño residuo de producto puede quedar en la cavidad calicinal de la fruta, el que puede eliminarse con suficientes cepillos o agua a presión a incorporarse en la línea de embalaje. Sin embargo, Aylwin (1988), indica la existencia de residuos en aproximadamente el 60% de la fruta evaluada después del lavado y cepillado de manzanas tratadas con bentonita, detectándolos en las cavidades peduncular y calicinal. Al respecto, Melgarejo *et al.* (2004) indican que para lograr una limpieza total de las granadas tratadas con caolín, el equipamiento en la línea de selección debiera ser modificado a través de la instalación de cepillos con cerdas más largas, pasando la fruta a través del agua para que el cepillado se realice mientras la fruta se encuentra mojada.

Cuadro 6. Porcentaje de fruta según nivel de residuo posterior al lavado para cada tratamiento de aspersión de caolín.

| Tratamiento | Nivel de residuos | | | | |
|-------------|-------------------|---------|---------|--------|---------|
| | N0 | N1 | N2 | N3 | N1+N2 |
| | | | % | | |
| TCC | 22,59 a | 62,88 a | 13,71b | 0,79 a | 76,6 a |
| TCM | 24,89 a | 43,54b | 28,59 a | 2,96 a | 72,14 a |

Letras distintas verticalmente indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$).

Color

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en el nivel de cobertura promedio, el cual osciló entre leve y medio. Este resultado es coincidente con lo observado por Amarante *et al.* (2011) en manzanos, quienes no encontraron diferencias de cobertura de color tratados con malla antigranizo.

Al medir con colorímetro no se detectó un efecto de los tratamientos sobre el color (apéndice VI). A su vez, no se registraron diferencias entre los frutos de exposición este y oeste. Lo anterior concuerda con investigaciones realizadas en manzanos para el control del golpe de sol con malla de 18% de sombra (Yuri *et al.*, 2000), a diferencia de resultados obtenidos en granados ‘Hicaznar’ con tratamientos de caolín (Yazici y Kaynak, 2009a), donde se logró un incremento del color rojo.

Con el fin de determinar la homogeneidad de color en frutos, se comparó el coeficiente de variación obtenido de los puntos medidos por fruto (Figura 15). Se apreció un efecto significativo del tratamiento de envoltura individual con cambuchos hasta dos semanas antes de cosecha sobre el coeficiente de variación de luminosidad (L), con una mayor homogeneidad con respecto al testigo. También se obtuvieron coeficientes de variación más bajos que el testigo para el componente “croma” y “hue” en el mismo tratamiento de cambuchos, pero sin diferencias significativas. Resultados similares fueron obtenidos

a través de la envoltura de racimos de uva de mesa con bolsas de celulosa, las cuales brindaron una mayor uniformidad en el color de éstos (Signes *et al.*, 2007). Esto puede deberse a que el papel genera una incidencia más homogénea de luz en el fruto, debido a que operaría como difusor además de reflector.

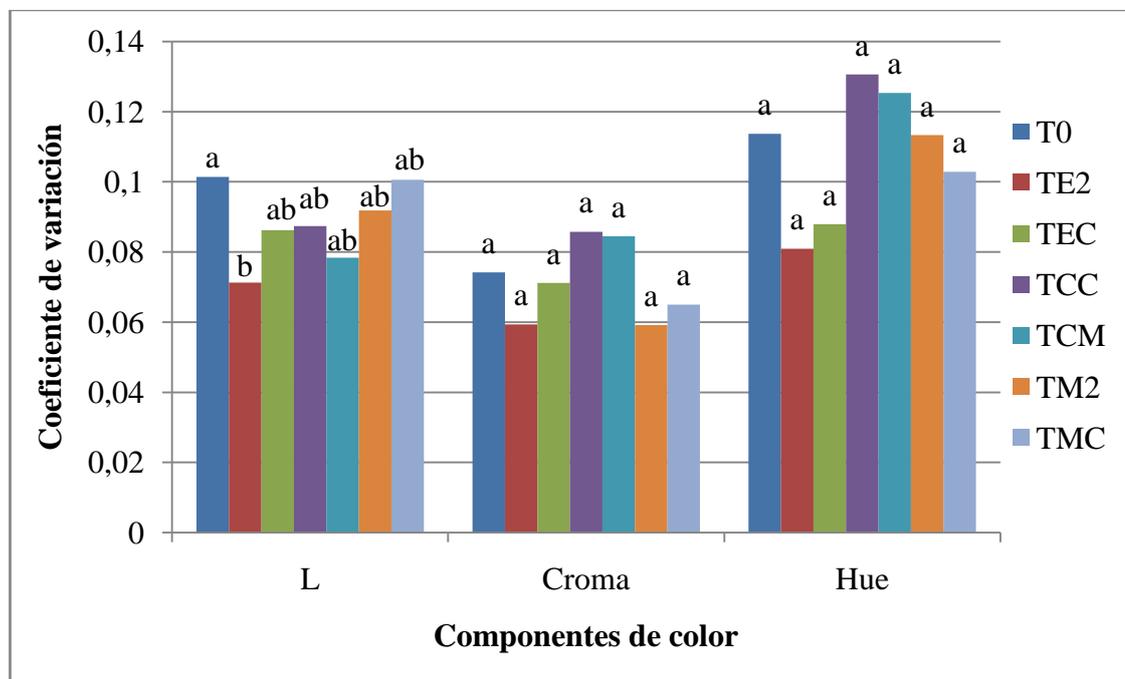


Figura 15. Coeficiente de variación calculado a partir de la medición en diferentes puntos del fruto con colorímetro, para distintos tratamientos de control del golpe de sol. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$).

En cuanto a las categorías de cobertura analizadas individualmente (Figura 16), no se observaron diferencias estadísticas significativas en la proporción de frutos bajo cada una de ellas, sin embargo, se observa una mayor proporción de frutos con Categoría 3 en los dos tratamientos de envoltura individual de frutos, además de obtener las menores proporciones de frutos con Categoría 1.

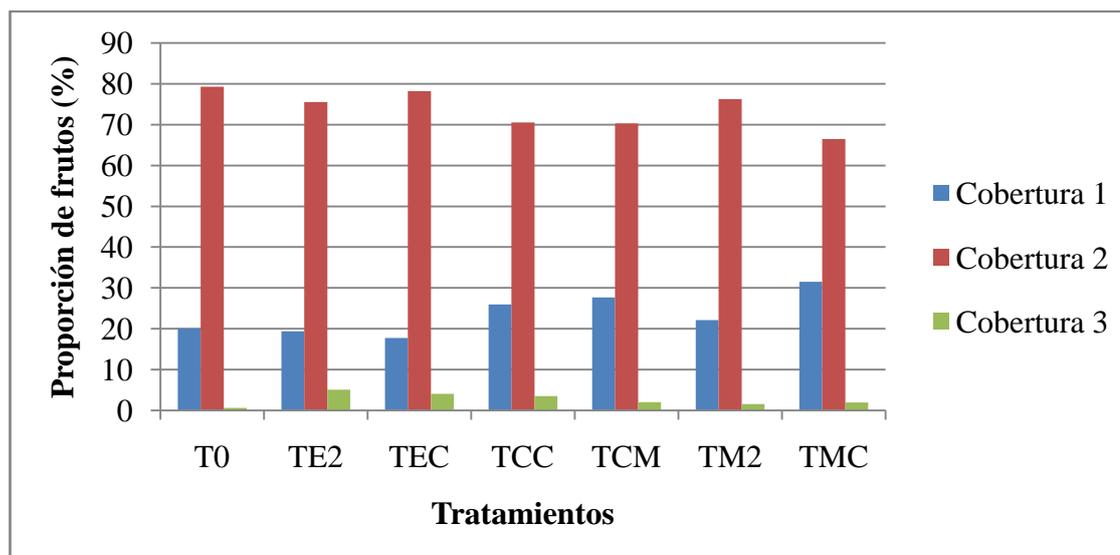


Figura 16. Proporción de frutos de granado para cada categoría de cobertura de color, en distintos tratamientos de control del golpe de sol.

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre el color en un solo punto del fruto (cara expuesta al sol), no se registraron diferencias para los tres componentes analizados. Lo anterior difiere de resultados obtenidos en manzanos ‘Fuji’ bajo malla antigranizo de 18% de sombra, los cuales indican un aumento en los tres componentes del color de los frutos en la cara expuesta al sol (Amarante *et al.*, 2011).

Partidura

No se observó un efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre la proporción de fruta partida (Figura 17). Estos resultados difieren de los obtenidos por El-Rhman (2010) en granados ‘Manfaluty’, donde se obtuvo una disminución del porcentaje de fruta partida, tanto para fruta envuelta por bolsas de papel como para el tratamiento de aspersión de caolín. Contrariamente, Yazici y Kaynak (2009b) afirman que la partidura de frutos aumentó bajo el tratamiento de sombra cuando la humedad era alta.

La ausencia de diferencias en este ensayo puede deberse a que hubo un retraso en el segundo floreo, permitiendo que un importante porcentaje de la fruta se partiera a causa de las primeras lluvias de otoño, las cuales generaron un aumento abrupto del contenido de agua del suelo, lo que según Prat y Botti (2002), sería la causa de la partidura.

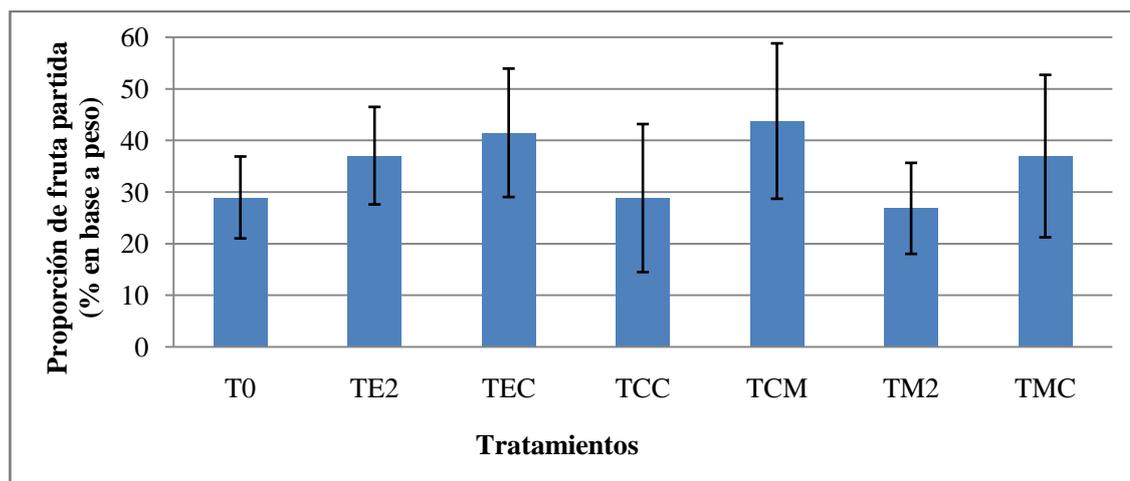


Figura 17. Porcentaje de fruta partida a cosecha para distintos tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado.

Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio (Cuadro 7), calculado en base a ingresos totales por fruta de exportación y los costos de implementación de los distintos tratamientos (Apéndice II), indica que existe un beneficio económico positivo en todos los tratamientos.

El tratamiento de envoltura individual de frutos hasta cosecha registró el mayor balance. La diferencia entre este y el tratamiento de cambuchos hasta dos semanas antes de cosecha se debe, principalmente, a que el primero obtuvo promedios de daño por golpe de sol más bajos y costos de implementación menores.

Con respecto a los tratamientos de caolín, el protocolo comercial registró un menor balance que el de los tratamientos con cambuchos, en tanto, el protocolo recomendado por Melgarejo *et al.* (2004) obtuvo mejores resultados por los bajos costos asociados a esta aplicación.

Los tratamientos de sombreado con malla obtuvieron bajos valores a pesar de su alta eficacia en el control del golpe de sol, lo que se debe principalmente a los altos costos asociados para implementarlo. Vásquez (1998) y Yuri *et al.* (2000) concuerdan al afirmar que el uso de este sistema de control es costoso, sin embargo, si el daño por golpe de sol constituye una parte importante del desecho de exportación, puede ser económicamente viable.

Cuadro 7. Balance costo-beneficio de los distintos tratamientos de control.

| Tratamientos | Ingresos | Margen ingresos (beneficio (B)) | Costos (C) | B - C | Balance (B/C) |
|--------------|----------|--|--------------|-------|------------------|
| | | US\$/ha/año | | | |
| T0 | 11151,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - |
| TE2 | 12925,2 | 1773,4 | 1048,47 | 724,9 | 1,69 |
| TEC | 12956,9 | 1805,1 | 917,69 | 887,5 | 1,97 |
| TCC | 12729,4 | 1577,6 | 1124,03 | 453,6 | 1,40 |
| TCM | 12294,8 | 1143,0 | 640,98 | 502,0 | 1,78 |
| TM2 | 13088,6 | 1936,8 | 1860,66 | 76,2 | 1,04 |
| TMC | 13221,0 | 2069,2 | 1860,66 | 208,6 | 1,11 |

CONCLUSIONES

Las condiciones de nivel de daño por golpe de sol registradas en este ensayo no fueron extremadamente altas.

Todos los métodos evaluados controlan el golpe de sol en frutos de granado, siendo el sombreamiento con malla el más efectivo.

La proporción del daño aumenta al aumentar la temperatura de la epidermis de los frutos.

El daño en profundidad es mayor en frutos que tienen daños severos en la superficie.

Ninguno de los métodos de control ejerce un efecto significativo sobre el rendimiento y distribución de calibre de los frutos.

El lavado de los frutos con caolín, a través de una ducha con agua a presión, es insuficiente para lograr la remoción completa del producto.

Aplicaciones de caolín más cercanas a la cosecha dificultan su remoción.

El retiro de los cambuchos y malla de sombra dos semanas antes de cosecha no afecta la cobertura de color de los frutos.

El daño por golpe de sol es mayor en frutos con exposición oeste.

Todos los métodos resultaron económicamente viables, siendo el tratamiento de envoltura individual de frutos hasta la cosecha el más rentable para las condiciones de nivel de daño por golpe de sol registradas en este ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

Amarante, C.V.T., C. A. Steffens and L. C. Argenta. 2011. Yield and fruit quality of “Gala” and “Fuji” apple trees protected by white anti-hail net. *Scientia Horticulturae* 129: 79-85.

Andrews, P. K. and J. R. Johnson, 1996. Physiology of sunburn development in apples. *Good Fruit Grower*. July 1996. Disponible en: <http://www.goodfruit.com/Good-Fruit-Grower/July-1996/Physiology-of-sunburn-development-in-apples/>. Leído el 12 de Noviembre de 2011.

Arndt, H. P . 1992. Apple shading to reduce heat damage. *Tree Fruit Leader* 1(1). Disponible en: <http://www.agf.gov.bc.ca/treefrt/newslett/appleshading.htm> . Leído el 10 de Marzo de 2011.

Aylwin, R. 1988. Época de aplicación de materiales inertes como cubierta protectora para la prevención del golpe de sol en manzanas de la variedad Granny Smith. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 59p.

Bastías, R. 1999. Golpe de sol en manzanos: Estudio de factores inductores y algunas medidas de control. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca, Facultad de Agronomía. Talca, Chile. 64p.

Bentley, W. J. and M. Viveros. 1992. Brown-bagging Granny Smith apples on trees stops codling moth damage. *California Agriculture* 46: 30-32.

El-Rhman, A. 2010. Physiological studies on cracking phenomena of pomegranates. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(6): 696-703.

Erez, A. and D. M. Glenn. 2004. The effect of particle film technology on yield and fruit quality. *Acta Hort.* 636: 505-508.

Franck, N. 2010. ABC del Cultivo del Granado. *Aconex* 105: 12-19.

Gajardo, J.L. 1994. Golpe de sol en manzanos: control y efecto sobre el desarrollo de color. Tesis ingeniero agrónomo, Universidad de Talca. Talca, Chile. 47p.

Gindaba, J., and S.J.E. Wand. 2005. Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film, and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortScience* 40 (3): 592-596.

Glenn, D. M., E. Prado, A. Erez, J. McFerson, and G. J. Puterka, 2002. A reflective processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection and solar injury in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 188–193.

Glenn, D. M., G. J. Puterka, , S. R. Drake, , T. R. Unruh, , A. L. Knight, , P. Baherle, E. Prado and T. A. Baugher. 2001. Particle Film Application Influences Apple Leaf Physiology, Fruit Yield, and Fruit Quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 126 (2): 175-181.

Le Grange, M., S. J. E. Wand and K. I. Theron., 2004. Effect of kaolin applications on apple fruit quality and gas exchange of apple leaves. *Acta Hort.* 636: 545-550.

Lemus, G., I. Salgado y J. Donoso. 2010. Uso de caolina en nogales. *Simiente* 80 (3-4): 16-17.

McGuire R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Horticultural Science* 27: 1254-1255.

Melgarejo, P., J.J. Martínez, F. Hernández, R. Martínez-Font, P. Barrows, and A. Erez. 2004. Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. *Scientia Horticulturae* 100: 349–353.

Middleton, S. and A. McWaters. 2002. Hail netting of apple orchards – Australian experience. *The compact fruit tree* 35 (2): 51-55.

Navarro, A. 2009. La industria de la granada en Israel. Disponible en: <http://www.viverosur.com/grana.html>. Leído el 21 de Noviembre de 2011.

ODEPA, Chile. 2012. Superficie de frutales (por región). Disponible en: <http://www.odepa.cl/menu/MacroRubros.action;jsessionId=2753624E43128D93462B6A17CDA5BFBB?rubro=agricola&reporte=>. Leído el 20 de Junio de 2012

Prado, E. 2004. Uso de caolín como protección para el golpe de sol. *Tierra Adentro* 55 (Marzo-Abril): 32-35.

Prat, L. y C. Botti. 2002. El Granado (*Punica granatum* L.). Universidad de Chile, Santiago, Chile. 66p.

Raffo, D. 2004. Factores climáticos. Efecto de las altas temperaturas sobre la calidad de los frutos. *Rompecabezas tecnológico* 40: 12-16.

Raffo, M. D. y A. Rodríguez. 2007. Factores que afectan el porcentaje de fruta asoleada en manzanos cv. Fuji en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *RIA* 36 (1): 131-146.

Schrader, L. E., J. Zhang, and W. K. Duplaga, 2001. Two types of sunburn in apple caused by high surface (peel) temperature. *Plant Health Progress*. Disponible en:

<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/sunburn/> Leído el 5 de Junio de 2011.

Schrader, L. E., J. Zhang, and J. Sun. 2003. Environmental stresses that cause sunburn in apple. *Acta Hort.* 618: 397-405.

Schupp, J.R., E. Fallahi, and I. J. Chun. 2004. Effect of particle film on fruit sunburn, maturity and quality of 'fuji' and 'honeycrisp' apples. *Acta Hort.* 636: 551-556.

Signes, A.J., F. Burló, F. Martínez-Sánchez and A.A. Carbonell.Barrachina. 2007. Effects of preharvest bagging on quality of black table grapes. *World J. Agric. Sci.* 3 (1): 32-38.

Stampar, F., R. Veberic, P. Zadavec, M. Hudina, V. Usenik, A. Solar and G. Osterc. 2002. Yield and Fruit Quality of Apples cv. 'Jonagold' under Hail Protection Nets. *Gartenbauwissenschaft* 67 (5). S. 205–210.

Torres, J. 2005. Efecto de las aplicaciones de Surround® y Raynox® sobre el control de daño por sol en manzanos cvs Braeburn y Fuji. Temporada 2003/2004. Memoria Ingeniero Agrónomo, Universidad de Talca. Talca, Chile. 42 p.

Vásquez, J. A. 1998. Evaluación y control de golpe de sol en manzanos. Tesis ingeniero agrónomo, Universidad de Talca. Talca, Chile. 62p.

Van den Ende, B. 2000. Manejo de “Golpe de Sol”. *Revista Frutícola* 21 (3): 106.

Wand, S., K. Theron, J. Ackerman, and S. Marais. 2006. Harvest and post-harvest apple fruit quality following applications of kaolin particle film in South African orchards. *Scientia Horticulturae* 107: 271-276.

Weerakkody, P., J. Jobling, M. Vergara, and G. Rogers. 2010. The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australia. *Scientia Horticulturae* 124: 57–6.

Wünsche, J.N., L. Lombardini and D.H. Greer. 2004. “Surround” particle film applications – effects on whole canopy physiology of apple. *Acta Hort.* 636: 565-571.

Yazici, K. and L. Kaynak. 2009a. Effects of air temperature, relative humidity and solar radiation on fruit surface temperatures and sunburn damage in pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Hort.* 818: 181-186.

Yazici, K. and L. Kaynak. 2009b. Effects of kaolin and shading treatments on sunburn on fruit of Hicaznar cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Hort.* 818: 169-173.

Yuri, J. A. 2001a. Golpe de sol. Volumen 1, número 1. Centro de pomáceas Universidad de Talca. Boletín Técnico. Chile. 4p.

Yuri, J. A. 2001b. El daño por sol en manzanas. Revista Frutícola 22 (3): 89-96.

Yuri, J. A. 2009. Daño por sol en manzanas. Volumen 9, número 6. Centro de pomáceas Universidad de Talca. Boletín Técnico. Chile. 4p.

Yuri, J.A.; C. Torres, y J. Vásquez. 2000. Golpe de sol en manzanas. Evaluación del daño y métodos de control. AgroCiencia 16(1): 13-21.

Yuri, J. A. y V. Lepe, 2010. Memoria 1995 – 2010. Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Chile. 117p.

Yuri, J. A., Y. Jorquera, y V. Lepe. 2004. Daño por sol en manzanos: uso de surround®. Volumen 4, número 1. Centro de pomáceas Universidad de Talca. Boletín Técnico. Chile. 4p.

APÉNDICES**Apéndice I**

Cuadro 8. Antecedentes del producto comercial utilizado en el ensayo.

| | |
|------------------------|---|
| Nombre del producto | Protecsol [®] |
| Distribuidor en Chile | ANASAC Chile, S.A. |
| Nombre químico (IUPAC) | Silicato de aluminio |
| Fórmula química | $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ |
| Formulación | polvo soluble |
| Composición | 95% de Caolín |
| pH | 6 |
| Toxicidad | Grupo IV: Ligeramente tóxico |

Apéndice II

Cuadro 9. Costos de implementación de cada tratamiento de control del golpe de sol.

| Tratamientos | Unidad | Precio unidad | Cantidad | Total | Costo anual según depreciación |
|--|----------------|------------------|----------|-----------------|--------------------------------------|
| | | US\$ | | | US\$ |
| T0 | - | - | - | 0 | - |
| TE2 | | | | | |
| Papel blanco | Kg | 2,6 | 166,75 | 433,55 | 433,55 |
| Corcheteras | U | 6,67 | 16 | 106,7 | 26,67 |
| Corchetes | Caja | 0,94 | 40 | 37,67 | 37,67 |
| Administrativo (Supervisor) | D | 27,45 | 1 | 27,45 | 27,45 |
| Mano de obra (Postura de cambuchos) | JH | 25 | 15,7 | 392,35 | 392,35 |
| Mano de obra (extracción de cambuchos) | JH | 25 | 5,2 | 130,8 | 130,8 |
| Total | | | | 1.128,47 | 1.048,47 |
| TEC | | | | | |
| Papel blanco | Kg | 2,6 | 166,75 | 433,55 | 433,55 |
| Corcheteras | U | 6,67 | 16 | 106,7 | 26,67 |
| Corchetes | Caja | 0,94 | 40 | 37,67 | 37,67 |
| Administrativo (Supervisor) | D | 27,45 | 1 | 27,45 | 27,45 |
| Mano de obra (Postura de cambuchos) | JH | 25 | 16 | 392,35 | 392,35 |
| Total | | | | 997,69 | 917,69 |
| TCC | | | | | |
| Producto (Protecsol®) | Kg | 2,3 | 200 | 460 | 460 |
| Tractor | JM | 717,2 | 0,56 | 403,4 | 403,4 |
| Nebulizadora | JM | 463,3 | 0,56 | 260,6 | 260,6 |
| Total | | | | 1.124,03 | 1.124,03 |
| TCM | | | | | |
| Producto (Protecsol®) | Kg | 2,3 | 125 | 287,5 | 287,5 |
| Tractor | JM | 826,3 | 0,25 | 206,6 | 206,6 |
| Nebulizadora | JM | 587,6 | 0,25 | 146,9 | 146,9 |
| Total | | | | 640,98 | 640,98 |
| TM2 | | | | | |
| Alambres | m | 0,2 | 4.500 | 902,2 | 90,2 |
| Mallas | m ² | 0,22 | 10.800 | 2.329,4 | 776,5 |
| Broches | U | 0,2 | 2213 | 443 | 147,6 |
| Postes impregnados | U | 4,25 | 1.067 | 4.539,1 | 453,9 |
| Mano de obra contratista estructura | JH | 25,0 | 33 | 833,3 | 83,3 |
| Mano de obra huerto | JH | 25,0 | 31 | 775,2 | 258,4 |
| Fletes | S | 507,7 | 1 | 507,7 | 50,8 |
| Total | | | | 10.329,6 | 1.860,7 |

(continúa)

Cuadro 9 (continuación).

| Tratamientos | Unidad | Precio unidad | Cantidad | Total | Costo anual según depreciación |
|-------------------------------------|----------------|------------------|----------|-----------------|--------------------------------------|
| | | US\$ | | | US\$ |
| TMC | | | | | |
| Alambres | m | 0,2 | 4.500 | 902,2 | 90,2 |
| Mallas | m ² | 0,22 | 10.800 | 2.329,4 | 776,5 |
| Broches | U | 0,2 | 2.213 | 443 | 147,6 |
| Postes impregnados | U | 4,25 | 1.067 | 4.539,1 | 453,9 |
| Mano de obra contratista estructura | JH | 25,0 | 33 | 833,3 | 83,3 |
| Mano de obra huerto | JH | 25,0 | 31 | 775,2 | 258,4 |
| Fletes | S | 507,7 | 1 | 507,7 | 50,8 |
| Total | | | | 10.329,6 | 1.860,7 |

D: Diario; U: Unidad; S: Servicio; JH: Jornada hombre; JM: Jornada máquina.

Cuadro 10. Ingresos por fruta de exportación según tratamiento de control del golpe de sol.

| Tratamiento | Rendimiento | Partidura | Golpe de sol | Fruta sin partidura ni golpe de sol | Ingresos |
|-------------|-------------|-----------|-----------------|---|------------------|
| | Ton/ha | % | | Ton/ha | Miles de US\$/ha |
| T0 | 22,26 | 33,63 | 11,90 | 12,127 | 11,152 |
| TE2 | 22,26 | 33,63 | 3,24 | 14,056 | 12,925 |
| TEC | 22,26 | 33,63 | 3,08 | 14,090 | 12,957 |
| TCC | 22,26 | 33,63 | 4,19 | 13,843 | 12,729 |
| TCM | 22,26 | 33,63 | 6,32 | 13,370 | 12,295 |
| TM2 | 22,26 | 33,63 | 2,44 | 14,233 | 13,089 |
| TMC | 22,26 | 33,63 | 1,79 | 14,377 | 13,221 |

Apéndice III

Cuadro 11. Comparación entre arriendo y compra de tractor y nebulizadora para la aplicación de caolín en un huerto de granados de 6,5 ha.

| | | Tractor | Nebulizadora 1500 L |
|--|----------------------|--------------|---------------------|
| Arriendo (para ambos protocolos) | Tiempo (meses) | 8 | 8 |
| | Valor sin IVA (UF) | 32 | 23 |
| | Valor sin IVA (\$) | 711.894,08 | 511.673,87 |
| | Costo total/año | 5.695.152,64 | 4.093.390,96 |
| Compra (protocolo comercial) | Tiempo (horas) | 101,525 | 69,525 |
| | Costo fijo (\$) | 3.742.564 | 1.823.540 |
| | Costo Variable (\$) | 899.047 | 230.050 |
| | Costo total/año (\$) | 4.641.611 | 2.053.589 |
| Compra (protocolo Melgarejo <i>et al</i> (2004)) | Tiempo (horas) | 85,4 | 53,4 |
| | Costo fijo (\$) | 3.742.564,14 | 1.823.540 |
| | Costo Variable (\$) | 756.253,30 | 176.693,93 |
| | Costo total/año (\$) | 4.498.817,44 | 2.000.233,68 |

Apéndice IV

Cuadro 12. Inversión para compra de tractor según valor estimado en el mercado.

| | Inversión |
|---------------|-------------------|
| | \$ |
| Tractor 60 HP | 12.000.000 |
| Techo | 500.000 |
| Total | 12.500.000 |

Cuadro 13. Costos variables para uso de tractor.

| Ítem | Costo unitario | Uso o consumo | Costos |
|----------------------------|----------------|---------------|--------------|
| | \$ | | \$/hora |
| Petróleo | 550 | 9,6 L | 5.280 |
| Mantenimiento y Reparación | 12.000.000 | 0,000125 | 1.500 |
| Operario | 12.500 | 0,125 | 1.563 |
| Neumáticos | 300.000 | 0,000067 | 20 |
| Aceite caja y diferencial | 2.000 | 0,028 | 56 |
| Grasa | 2.000 | 0,005 | 10 |
| Lubricantes | 2.500 | 0,05 | 125 |
| Filtro aceite | 5.000 | 0,005 | 25 |
| Filtro combustible | 4.500 | 0,002 | 9 |
| Filtro hidráulico | 10.000 | 0,001 | 10 |
| Imprevistos | 8.598 | 0,03 | 258 |
| Total | | | 8.855 |

Cuadro 14. Costos fijos para uso de tractor.

| Ítem | Costo | Uso | Costo |
|--------------|------------|-------|------------------|
| | \$ | | \$/año |
| Techo | 500.000 | 7%* | 62.951** |
| Depreciación | 12.000.000 | 0,125 | 1.500.000 |
| Permisos | 50.000 | 1 | 50.000 |
| Intereses | 12.000.000 | 7%* | 2.009.613** |
| Seguro | 12.000.000 | 0,02 | 120.000 |
| Total | | | 3.742.564 |

(*) Tasa de interés constante

(**) Valor calculado en base a 8 pagos del préstamo.

Cuadro 15. Inversión para compra de Nebulizadora según valor estimado en el mercado.

| Ítem | Inversión |
|---------------------------|------------------|
| | \$ |
| Nebulizadora Jacto 1500 L | 6.165.000 |
| Techo | 500.000 |
| Total | 6.665.000 |

Cuadro 16. Costos variables para uso de nebulizadora

| Ítem | Costo unitario | Uso o consumo | Costo |
|----------------------------|----------------|---------------|--------------|
| | \$ | | \$/hora |
| Mantenimiento y Reparación | 6.165.000 | 0,0005 | 3.083 |
| Neumáticos | 200.000 | 0,000067 | 13 |
| Boquillas | 35.000 | 0,003 | 117 |
| Imprevistos | 3.213 | 0,03 | 96 |
| Total | | | 3.309 |

Cuadro 17. Costos fijos para uso de nebulizadora.

| Ítem | Costo | Uso | Costo |
|--------------|-----------|------|------------------|
| | \$ | | \$/año |
| Techo | 500.000 | 7%* | 62.951** |
| Depreciación | 6.165.000 | 0,1 | 616.500 |
| Permisos | 50.000 | 1 | 50.000 |
| Intereses | 6.165.000 | 7%* | 1.032.439** |
| Seguro | 6.165.000 | 0,02 | 61.650 |
| Total | | | 1.823.540 |

(*) Tasa de interés constante.

(**) Valor calculado en base a 8 pagos del préstamo.

Apéndice V

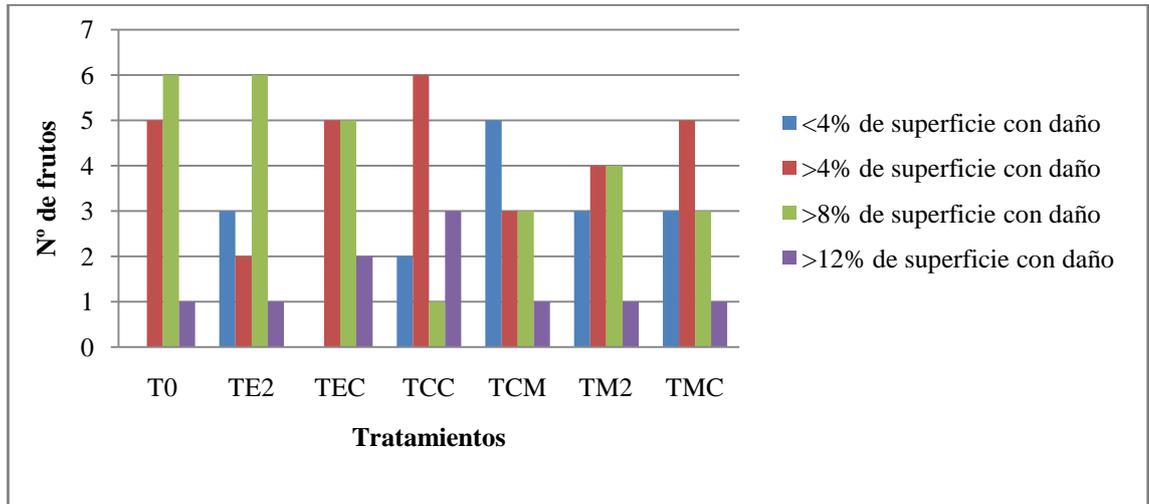


Figura 18. Número de frutos con distintos porcentajes de daño para diferentes tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado.

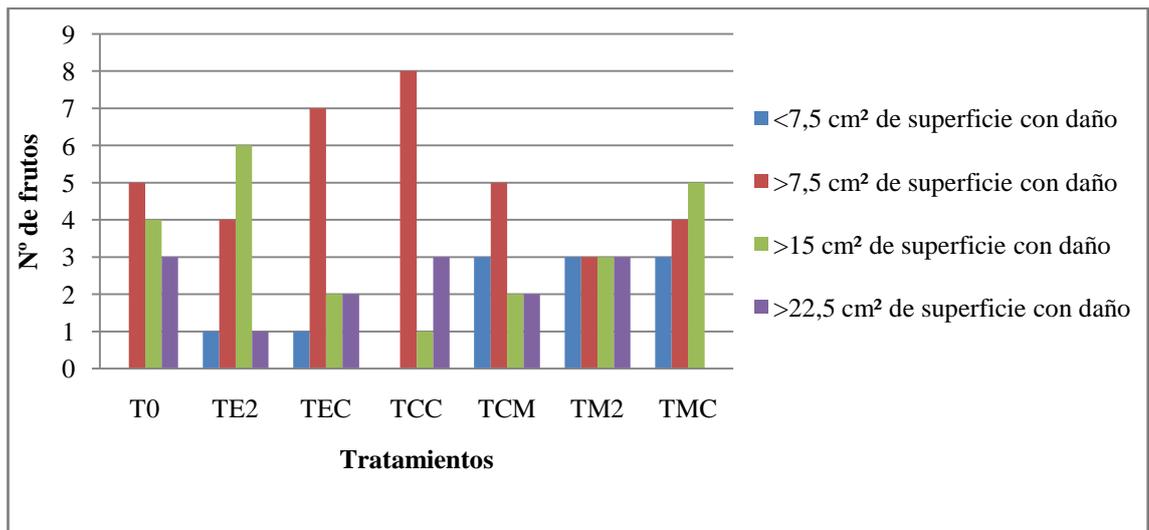


Figura 19. Número de frutos con distinto grado de daño, de acuerdo a la superficie dañada para distintos tratamientos de control del golpe de sol en frutos de granado.

Apéndice VI

Cuadro 18. Color externo de frutos, en componentes del sistema Cielab, en distinta orientación (Este - Oeste).

| Tratamientos | Este | | | Oeste | | |
|--------------|------|------|------|-------|------|------|
| | L | C* | h° | L | C* | h° |
| T0 | 43,2 | 47,0 | 24,0 | 43,6 | 49,2 | 23,6 |
| TE2 | 41,8 | 49,6 | 22,5 | 42,0 | 50,9 | 22,5 |
| TEC | 41,6 | 48,8 | 22,3 | 44,3 | 49,1 | 22,5 |
| TCC | 43,7 | 50,6 | 25,2 | 43,9 | 48,9 | 24,8 |
| TCM | 41,0 | 47,9 | 24,3 | 43,2 | 47,7 | 24,6 |
| TM2 | 43,6 | 51,4 | 23,7 | 44,7 | 49,1 | 23,9 |
| TMC | 44,7 | 51,5 | 25,0 | 43,1 | 50,9 | 25,0 |