

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE LUZ, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS  
EN CEREZO BAJO MALLA**

**POR**

**ROCÍO FRANCISCA STUARDO OCHOA**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA.**

**CHILLÁN – CHILE  
2024**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE LUZ,  
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS EN CEREZO BAJO MALLA**

**POR**

**ROCÍO FRANCISCA STUARDO OCHOA**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA.**

**CHILLÁN – CHILE  
2024**

Aprobada por:

Profesor Asociado. Richard Bastías I.  
Ing. Agrónomo, M. Sc. Ph.D.

---

Guía

Profesor Asociado. Inés Figueroa C.  
Ing. Agrónomo, M. Sc. Dr.

---

Asesor

Profesor Asistente. Miguel Garriga C.  
Lic. Biología, M. Sc. Dr.

---

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.  
Ing. Agrónomo, M. Sc.

---

Decano

**TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
Resumen .....	1
Summary.....	1
Introducción .....	2
Materiales y Métodos.....	4
Resultados y Discusión .....	7
Conclusiones .....	16
Referencias .....	16

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Representación gráfica del análisis de transmisión de luz dentro del dosel de cerezos cultivados con y sin malla para los niveles bajo (0,8 m), medio (1,4 m) y alto (2 m) del dosel del árbol .....	6
Figura 2	Relación entre transmisión de luz y rendimiento en cerezos con y sin malla .....	15
Figura 3	Relación entre transmisión de luz y el parámetro de color a/b en cerezos con y sin malla. ....	15
Tabla 1	Influencia del uso de malla en la transmisión de luz dentro del dosel medida a los 36 días después de plena flor (DDPF) y en tres momentos del día .....	8
Tabla 2	Influencia del uso de malla en la transmisión de luz dentro del dosel medida a los 35 días después de cosecha (DDC) y en tres momentos del día.....	9
Tabla 3	Influencia del uso de malla y posición dentro del dosel sobre los parámetros de rendimiento y calidad de fruta ....	11
Tabla 4	Influencia del uso de malla y posición dentro del dosel sobre el parámetro de calidad de fruta .....	13
Tabla 5	Componentes de la función lineal de transmisión de luz previo a la cosecha en base a componentes de rendimiento y calidad de frutos y su coeficiente de determinación ( $R^2$ ). a: pendiente, b: intercepto .....	14

## ESTUDIO DE TRANSMISIÓN DE LUZ, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS EN CEREZO BAJO MALLA

### STUDY OF LIGHT TRANSMISSION, YIELD, AND FRUIT QUALITY IN CHERRY TREES UNDER NETTING

**Palabras índice adicionales:** cambio climático, fruticultura protegida, mallas, *Prunus avium* L.

#### RESUMEN

El uso de mallas en la producción de cerezas se utiliza para prevenir daños por excesiva radiación solar y altas temperaturas, pero existe poco conocimiento acerca de su efecto sobre la disponibilidad de luz, rendimiento y calidad de frutos en este cultivo. El objetivo fue evaluar la transmisión de luz en diferentes niveles del dosel en cerezos 'Regina' cultivados con y sin malla, y el efecto en rendimiento y calidad de fruta. Se midió la transmisión de luz (% de PAR) en tres momentos del día, tres niveles del dosel del árbol y en dos momentos del cultivo (36 días después de plena floración y 35 días después de cosecha). Se cuantificó el rendimiento ( $\text{kg árbol}^{-1}$ ), diámetro (mm), firmeza ( $\text{g mm}^{-1}$ ), sólidos solubles (SS, °Brix), acidez (A, %), relación SS/A y relación de color a (rojo) / b (amarillo) de frutos. El uso de malla no afectó significativamente la transmisión de luz en ningún nivel del dosel del árbol y momento de evaluación. Tampoco hubo efecto significativo en el rendimiento, SS, A, SS/A y relación de color a/b. La malla mejoró significativamente el diámetro de frutos, siendo un 3,8 % ( $p = 0,033$ ) y 4,0 % ( $p = 0,023$ ) superior en dos niveles del dosel del árbol. La firmeza de frutos mejoró significativamente con el uso de malla y en un 14,2 % ( $p = 0,037$ ) y 13,2 % ( $p = 0,001$ ) para dos niveles del dosel. Se concluye que el uso de malla tiene un efecto positivo sobre parámetros de importancia comercial en cerezos, sin afectar negativamente otros componentes.

#### SUMMARY

The use of nets in cherry production is used to prevent damage from excessive solar radiation and high temperatures, but there is little knowledge about its effect on light

availability, yield and fruit quality in this crop. The objective of this research was to evaluate light transmission at different canopy levels in 'Regina' cherry trees grown with and without netting, and the effect on fruit yield and quality. Light transmission (% PAR) was measured at three times of the day, three levels of the tree canopy and at two times of the crop (36 days after full bloom and 35 days after harvest). Yield ( $\text{kg tree}^{-1}$ ), diameter (mm), firmness ( $\text{g mm}^{-1}$ ), soluble solids (SS, °Brix), acidity (A, %), SS/A ratio and a (red) / b (yellow) colour ratio of fruits were quantified. The use of netting did not significantly affect light transmission at any level of the tree canopy and time of evaluation. There was also no significant effect on yield, SS, A, SS/A and colour ratio a/b. The net significantly improved fruit diameter, being 3.8 % ( $p = 0.033$ ) and 4.0 % ( $p = 0.023$ ) higher at two canopy levels of the tree. Fruit firmness improved significantly with the use of net and by 14.2 % ( $p = 0.037$ ) and 13.2 % ( $p = 0.001$ ) for two canopy levels. It is concluded that the use of net has a positive effect on commercially important parameters in cherry trees, without negatively affecting other components.

## INTRODUCCIÓN

La luz solar juega un rol muy importante en el potencial de rendimiento y calidad de frutos en especies frutales al favorecer la pigmentación de la piel de la fruta (Blanke, 2018) y su vida útil en postcosecha (Sepúlveda *et al.*, 2018), regulando además los procesos de floración, crecimiento y desarrollo de los frutos (Bastías *et al.*, 2015). Los beneficios de la disponibilidad de luz en frutales se ven reflejados en mejoras de rendimiento y calidad de la producción, lo que ha sido observado en especies como el avellano europeo (*Corylus avellana* L.) (Pannico *et al.*, 2017) o en manzano (*Malus domestica* Borkh.). En estos frutales se ha documentado que la baja exposición de luz en el dosel provoca un menor tamaño y peso en frutos, mientras que aspectos como el color y sólidos solubles son significativamente más altos en la parte superior de la planta, por el efecto positivo de la disponibilidad de la luz sobre la síntesis de antocianinas y disponibilidad de carbohidratos (Bhusal *et al.*, 2019).

Aun cuando la disponibilidad de luz es esencial para asegurar rendimiento y

calidad de la producción en diferentes especies de frutas, los niveles excesivos de luz solar causan el deterioro de frutos, hojas y brotes por foto-inhibición o foto-oxidación (Bastías *et al.*, 2018; Blanke, 2018). En el caso del cerezo (*Prunus avium* L.) un exceso de exposición a la luz solar de yemas, acompañado de altas temperaturas, ocasiona pérdidas importantes por la malformación de frutos como frutos dobles o suturas profundas (Beppu y Kataoka, 2000), mientras que en la misma especie, las altas temperaturas causan la inhibición de acumulación de antocianinas en los frutos, retardando su maduración y adecuado desarrollo de color (Tan *et al.*, 2023).

La cobertura de huertos con mallas es una práctica que se ha masificado para reducir los efectos negativos del exceso de luz solar y altas temperaturas en frutales (Bastías *et al.*, 2018). Investigaciones realizadas en Chile demuestran que el uso de mallas con un 18 % de sombreado reduce en promedio un 15 % de la radiación solar directa generando beneficios en la productividad del huerto (Bastías *et al.*, 2015). En el caso del cerezo, además, se ha documentado que el uso de mallas favorece el uso eficiente del agua en árboles jóvenes (Centritto *et al.*, 2000).

Si bien el uso de malla genera beneficios, también puede dar origen a problemas productivos asociados a la menor disponibilidad de luz bajo este tipo de cubiertas, lo que varía dependiendo de la especie frutal, cultivar y la condición climática (Bastías y Boini, 2022). En especies como el manzano se ha demostrado que la baja disponibilidad de luz bajo malla no permite una adecuada coloración de frutos y aumenta la labor de poda debido al excesivo vigor de las ramas (Umanzor, 2015). En este mismo contexto, Olivares-Soto *et al.* (2020) demostraron que el uso de malla disminuye cerca de un 79 % el contenido de antocianinas en manzanas. Otros trabajos indican que ciertos colores de mallas favorecen condiciones lumínicas que permiten un aumento de un 45 % del diámetro del fruto (Bastías *et al.*, 2012). De igual manera, estudios realizados por Salazar-Canales *et al.* (2021) reportaron que la utilización de mallas de ciertas combinaciones de colores específicas como perla y gris aumentaron el rendimiento de fruta en avellano europeo entre un 12 a 20 %, debido al cambio en la composición de la luz solar.

En el caso del cerezo, se ha reportado ampliamente el efecto de otros materiales

de cobertura como es el uso de cubiertas plásticas anti-lluvias. En esta especie se ha demostrado que las condiciones de luz bajo cubiertas favorecen la fotosíntesis y el tamaño de frutos, pero ocasionan problemas como baja firmeza de frutos, mientras que el efecto sobre otros parámetros de calidad como dulzor, acidez y color depende de las condiciones ambientales y cultivares (Salvadores y Bastías, 2023). Aun así, existen escasos estudios sobre el uso de mallas en cerezos y su impacto sobre la disponibilidad de luz, rendimiento y calidad de frutos.

## **HIPÓTESIS**

El uso de mallas afecta la disponibilidad de luz con impacto en los rendimientos y calidad de frutos en huertos de cerezos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar parámetros de transmisión de luz, rendimiento y calidad de frutos en cerezos cultivados con y sin malla.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.- Cuantificar el efecto de la malla sobre los patrones de transmisión de luz en distintos niveles y estados de desarrollo del dosel del cerezo.
- 2.- Evaluar la influencia de la malla sobre componentes de rendimiento y calidad de frutos para los distintos niveles del dosel del árbol.
- 3.- Relacionar la transmisión de luz con los componentes de rendimiento y calidad de frutos determinados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Material vegetal y diseño experimental**

La investigación se llevó a cabo durante la temporada 2022-2023 en la Estación Experimental “El Nogal”, Universidad de Concepción (Campus Chillán), Provincia del Diguillín, Región de Ñuble (36°36'21'' S; 72°06'13'' O). El huerto de cerezos está establecido sobre un suelo correspondiente a la serie Arrayán, orden Andisol (Medial amorphic thermic Humic Haploxerands) (Stolpe, 2006). En este se

encuentran los cultivares Regina sobre un patrón Gisela 6 y 'Summit' y 'Skeena' como cultivares polinizadores. Los árboles se encuentran conducidos en un sistema de Eje Central, en un marco de plantación de 3 metros entre la hilera y 1 metro sobre la hilera y con orientación norte-sur.

### **Diseño experimental**

El estudio se llevó a cabo en un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones y 1 árbol como unidad experimental, empleando dos tratamientos, con y sin malla. La cobertura correspondió a una malla monofilamento de color azul-gris (Delsantek S.A., Chile) con un 20 % de sombreamiento la que fue extendida desde el mes de octubre 2022 hasta marzo 2023.

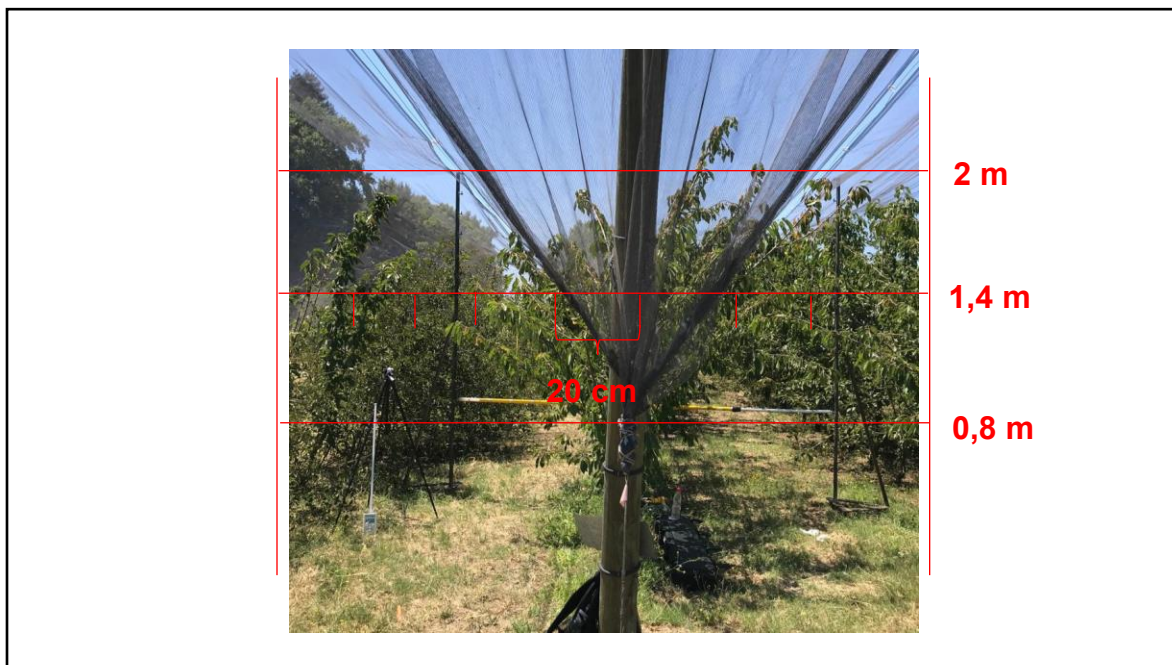
### **Transmisión de luz**

Se cuantificó la transmisión de flujo de luz en el espectro de radiación fotosintéticamente activa (PAR) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) al interior del dosel con un ceptómetro AccuPAR LP-80 (Decagon Devices, Pullman, Estados Unidos). Para ello, la barra quantum se posicionó desde el centro de la entre hilera hasta el centro de la siguiente hilera de forma horizontal, posicionando el sensor quantum unitario SQ-100X-SS (Apogee Instruments, Logan, Utah, Estados Unidos) fuera del dosel; en el tratamiento malla, el sensor se ubicó bajo esta, y en la condición de control, el sensor se ubicó a pleno sol; a una altura de 1,2 m sobre el nivel del suelo. La medición se estableció en tres niveles diferentes del dosel del árbol; bajo, medio y alto, los cuales se encontraban a 0,8 m, 1,4 m y 2 m sobre el nivel del suelo, respectivamente (Figura 1).

Las mediciones se realizaron en 17 puntos y a una distancia de 20 cm entre un extremo y otro de la entre hilera del huerto. Todas las mediciones se hicieron en un día completamente soleado y en tres momentos diferentes; 2 a 3 horas antes del mediodía solar (AM), al mediodía solar (12 – 13 pm) y 2 a 3 horas (PM) después del mediodía solar (Wünsche *et al.*, 1995). Las mediciones se realizaron a los 36 días después de plena flor (DDPF) y a los 35 días después de cosecha (DDC). Con la información recopilada se calculó la transmisión de luz porcentual de acuerdo con la siguiente relación:

$$\text{Transmisión de luz (\%)} = \left( \frac{\text{PPFD abajo}}{\text{PPFD arriba}} \right) \times 100$$

Figura 1. Representación gráfica del análisis de transmisión de luz dentro del dosel de cerezos cultivados con y sin malla para los niveles bajo (0,8 m), medio (1,4 m) y alto (2 m) del dosel del árbol.



Fuente: elaboración propia.

### **Rendimiento y calidad de frutos**

El 13 de diciembre de 2022 se cosechó de forma manual el total de frutos en cada nivel y para ambos tratamientos y se registró el rendimiento por árbol (kg) a través de una balanza PCE-PM 6 T (PCE Instrument, Alicante, España). Posteriormente, se evaluaron parámetros de calidad: i) diámetro (mm) y firmeza ( $\text{g mm}^{-1}$ ) usando un equipo Firmtech-2 (Bioworks, Estados Unidos), ii) indicadores de color CIE  $L^*a^*b^*$ ; utilizando un colorímetro digital PCE-CSM 4 (PCE INSTRUMENTS, España), iii) acidez (A; en términos de ácido cítrico, utilizando una solución de 50 gr; 1 gr del jugo de cada fruto, diluido en 49 gr de agua desmineralizada) y sólidos solubles (SS; °Brix) a través de un refractómetro ATAGO PAL-BX I ACID F5 (Tokio, Japón). Para evaluaciones se utilizaron 25 frutos por cada nivel del árbol y tratamientos con y sin malla.

### **Análisis de estadístico**

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico mediante una prueba T Student para muestras independientes con un nivel de confianza del 95 % ( $p \leq 0,05$ ). Además, se realizó análisis de regresión lineal para determinar la relación entre la transmisión de luz y las variables rendimiento, firmeza, sólidos solubles, acidez, sólidos solubles/acidez, diámetro y relación de color a / b, con un nivel de confianza del 95 % ( $p \leq 0,05$ ). Los análisis fueron realizados mediante el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Transmisión de luz dentro del dosel**

A los 36 DDPF, en los tres momentos del día de evaluación y en las tres posiciones del dosel del árbol, el uso de malla no afectó el porcentaje de transmisión de luz dentro del dosel del árbol en comparación a control sin cobertura ( $p \geq 0,05$ ), sucediendo lo mismo a los 35 DDC (Tabla 2). Estos resultados demuestran que el uso de malla no afecta la transmisión de luz dentro del árbol de huertos de cerezos para ninguno de los niveles estudiados. Se ha indicado que el cambio de vigor de los árboles o densidad de su follaje es el principal factor que afecta la transmisión de luz en frutales (Jackson y Palmer, 1980). Por tanto, los resultados demuestran que la malla usada no afectó el vigor del árbol como para afectar la transmisión de luz al interior de la planta. Lo anterior no concuerda con otros trabajos en que el uso de malla si afectó significativamente el vigor de los árboles y, por tanto, la transmisión de luz. En manzano cv. 'Fuji' se determinó que el uso de malla de color verde-negro aumenta el número y la longitud de brotes (Solomakhin y Blanke, 2008). Del mismo modo, Bastías *et al.* (2015) concluyó que el uso de malla de color rojo en huertos de manzanos incrementa el peso de poda invernal debido a su impacto en el mayor crecimiento de brotes. Este efecto estaría relacionado al porcentaje de sombra que genera cada tipo de malla. Solomakhin y Blanke (2010) afirman que el color y diseño de malla afecta diferencialmente la transmisión de luz y porcentaje de sombra. Así el uso de mallas de color negro y que generan sobre un 20 % de sombra, impactaron significativamente en el vigor del árbol, mientras que las mallas con menor capacidad de sombreado presentaron un menor efecto.

En este estudio la malla utilizada posee un 20 % de sombra, lo que podría explicar por qué no impactó en el vigor y transmisión de luz del árbol en cerezos.

Por otro lado, la combinación de cultivar y porta-injerto utilizada en este estudio pudo influir también en los resultados obtenidos en cuanto vigor y transmisión de luz del árbol. El cultivar Regina ha sido descrito como árbol de crecimiento abierto y pendular, mientras que el porta-injerto Gisela 6 posee la característica de disminuir el vigor de los árboles (Lemus y Negrón, 2005; Joublan y Claverie, 2004). Por tanto, esta combinación de cultivar y porta-injerto favorece el desarrollo de plantas con bajo vigor y con mayor capacidad de penetración de luz, lo que también podría explicar el efecto no significativo de la sombra de la malla usada sobre la transmisión de luz dentro del dosel del árbol (Tablas 1 y 2). En este sentido, se ha mencionado la influencia que tiene la arquitectura o sistema de conducción del árbol en la maximización de la intercepción de la luz o en el sombreado innato entre hojas y que impacta en el funcionamiento fisiológico y productivo en la zona superior y baja del dosel del árbol (Baldini, 1992; Flore *et al.*, 1996). Por tanto, estos resultados indicarían que para evitar efectos negativos de la sombra que genera el uso mallas, el manejo del vigor del árbol y capacidad de penetración de luz a través de la poda y conducción, combinado con una adecuada elección de cultivar y portainjerto es clave para garantizar una buena distribución de luz dentro del árbol.

Tabla 1. Influencia del uso de malla en la transmisión de luz dentro del dosel medida a los 36 días después de plena flor (DDPF) y en tres momentos del día.

Posición en el dosel del árbol	Tratamientos	Transmisión de luz (%)		
		AM	Mediodía	PM
Superior	Control	48,41	51,89	43,76
	Malla	50,56	52,29	49,35
	<i>p-valor</i>	0,782 ns	0,950 ns	0,545 ns
Medio	Control	41	44,34	35,66
	Malla	38,06	43,31	35,82
	<i>p-valor</i>	0,757 ns	0,887 ns	0,987 ns
Bajo	Control	33,75	38,09	24,45
	Malla	27,8	35,03	27,59
	<i>p-valor</i>	0,342 ns	0,575 ns	0,634 ns

\*=Significativo a  $p \leq 0,05$ ; ns = No significativo, según prueba T Student.

Tabla 2. Influencia del uso de malla en la transmisión de luz dentro del dosel medida a los 35 días después de cosecha (DDC) y en tres momentos del día.

		Transmisión de luz (%)		
Posición en el dosel del árbol	Tratamientos	AM	Mediodía	PM
Superior	Control	44,45	70,17	49,18
	Malla	42,01	58,29	51,41
	<i>p-valor</i>	0,766 ns	0,639 ns	0,809 ns
Medio	Control	31,37	48,9	45,45
	Malla	24,32	42,27	38,63
	<i>p-valor</i>	0,326 ns	0,610 ns	0,434 ns
Bajo	Control	22,28	36,37	35,01
	Malla	19,73	36,24	35,18
	<i>p-valor</i>	0,659 ns	0,991 ns	0,981 ns

\*=Significativo a  $p \leq 0,05$ ; ns= No significativo, según prueba T Student.

### Rendimiento y tamaño de frutos

Para los tres niveles del dosel, el uso de malla no alteró el rendimiento en comparación al control sin cobertura ( $p > 0,05$ ) (Tabla 3). La malla si mejoró significativamente el tamaño de frutos para los niveles medio y bajo del dosel del árbol, siendo un 3,8 % ( $p = 0,033^*$ ) y 4,0 % ( $p = 0,023^*$ ) mayor que el control, respectivamente (Tabla 3).

Se ha sugerido que la baja disponibilidad de luz por efecto sombra es perjudicial para el rendimiento en frutales (Hampson *et al.*, 1996). A diferencia de este argumento, los resultados de nuestro estudio demuestran que la sombra por el uso de malla no afectó el rendimiento en cerezos debido a que no impactó negativamente la transmisión de luz dentro del dosel del árbol (Tabla 2). En general, se puede mencionar que los resultados de rendimiento con el uso de mallas en frutales son en muchos casos contradictorios. Al respecto, Retamales *et al.* (2008) indican que el uso de malla blanca, gris y roja con un 50, 35 y 50 % de sombreado, respectivamente, en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) aumentan entre un 26 – 91 % el rendimiento a comparación de control sin cobertura. Lobos *et al.* (2013),

en cambio, evaluaron el efecto de malla negra, blanca y roja con diferentes niveles de sombra en la misma especie frutal y no encontraron efecto sobre el rendimiento o calidad. En manzanos, Shahak *et al.* (2008) evidenciaron un aumento considerable de rendimiento con el uso de malla perla al 30 % de sombreado. La sombra empleada en las investigaciones anteriores siempre fue mayor al utilizado en nuestro estudio (20 %), por lo que no sería suficiente para impactar en la transmisión de luz ni el rendimiento.

A diferencia del rendimiento, el diámetro de frutos si se vio afectado y positivamente por el uso de malla en los sectores medios y bajos del dosel del árbol. Al respecto, Matamala *et al.* (2023) determinaron que el uso de cubiertas (plásticos, rafias y mallas) aumentaron el índice de área foliar en dos cultivares de arándanos lo que fue relacionado al aumento de tamaño de frutos en esta especie. Un efecto similar, observaron Lobos *et al.* (2012) con un aumento del área foliar específica en plantas sombreadas con malla también en arándanos. Del mismo modo, Bastías *et al.* (2012) indicaron que un aumento del 30 % del área foliar en manzano cubierto con malla azul impactó positivamente en el tamaño de frutos. Estos cambios morfológicos del área foliar se deben a una mayor plasticidad de las hojas frente a la reducción de iluminación (Hampson *et al.*, 1996) lo que se vería aumentado por la menor disponibilidad de luz en los niveles bajos del árbol y que impactaría en la relación hoja : fruto al contar con hojas más grandes y por tanto una mayor fuente para el aporte de carbohidratos para el crecimiento de frutos, lo que explicarían el mayor tamaño de frutos bajo malla como se encontró en la presente investigación (Tabla 3). En este mismo contexto, cabe destacar que en cerezos la relación hoja:fruto es determinante en el tamaño de la fruta a cosecha. Withing y Lang (2004) demostraron que existe una relación directa entre el aumento del área foliar y el tamaño de frutos, alcanzando su óptimo a los 200 cm<sup>2</sup> de hoja por fruto. Del mismo modo Casierra-Posada *et al.* 2007 demostraron en duraznero que un mayor número de hojas determina un aumento del diámetro de frutos, lo que sería proporcional a un mayor índice de área foliar. Estos resultados demuestran la necesidad de establecer indicadores de relación hoja:fruto en futuras investigaciones con el uso de mallas en cerezos ya que estarían explicando de mejor manera los cambios de

tamaños de frutos como los encontrados en la presente investigación (Tabla 3).

Tabla 3. Influencia del uso de malla y posición dentro del dosel sobre los parámetros de rendimiento y calidad de fruta.

Posición en el dosel del árbol	Parámetros de rendimiento y calidad de cosecha		
	Tratamientos	Rendimiento (kg árbol <sup>-1</sup> )	Diámetro (mm)
Superior	Control	2,7	26,14
	Malla	1,34	27,16
	<i>p-valor</i>	0,063 ns	0,083 ns
Medio	Control	0,66	25,9
	Malla	0,59	26,94
	<i>p-valor</i>	0,843 ns	0,033*
Bajo	Control	0,86	25,68
	Malla	0,73	26,76
	<i>p-valor</i>	0,824 ns	0,023*

\*=Significativo a  $p \leq 0,05$ ; ns= No significativo, según prueba T Student.

### Firmeza, sólidos solubles, acidez y color de frutos

Para los tres niveles del dosel, el uso de malla no alteró los sólidos solubles (SS), acidez (A), relación SS / A y color a / b en comparación a control sin malla ( $p \geq 0,05$ ) (Tabla 4). La malla si mejoró significativamente la firmeza de frutos en los niveles superiores y bajos del dosel del árbol siendo un 14,2 % ( $p = 0,037^*$ ) y 13,2 % ( $p = 0,001^{**}$ ) mayor que el control, respectivamente (Tabla 4). Se ha evidenciado que la calidad y maduración de la fruta se ve afectada por factores ambientales, los cuales son modificados por el uso de mallas u otro tipo de cubiertas, siendo la luz solar el más importante, seguida de velocidad del viento, humedad relativa y temperatura (Raffo, 2014; Salvadores y Bastías, 2023). Dussi *et al.* (2005) demostraron que el uso de malla negra al 55 % de sombra disminuyó la firmeza de la pulpa en manzanas. Del mismo modo, Yuri *et al.* (2000) demostró una leve disminución de la firmeza en manzanas cuando se usaron mallas con 35 % de sombreado. En el caso de cerezos, no existen antecedentes sobre el comportamiento de la firmeza de frutos bajo mallas, pero si se ha demostrado que la cereza es más blanda (baja firmeza) cuando se cultiva bajo coberturas de plástico anti-lluvias (Salvadores y Bastías, 2023). Esta reducción de la firmeza de frutos bajo malla ha sido atribuida a la baja iluminación que reciben las plantas, lo que provocaría una deficiente formación de pared celular y un mayor contenido de agua en la pulpa de la fruta

(Dussi *et al.*, 2005). Otra posible explicación está relacionada con los procesos de transpiración y movilización del calcio (Ca) a la planta y frutos. El Ca es un elemento inmóvil crucial para una firmeza óptima de frutos, ruta que puede verse aún más afectada por una tasa de transpiración menor en la fruta y bajar con ello el flujo de este elemento vía xilema (Blanco *et al.*, 2021). Los resultados de firmeza en la presente investigación demuestran que el sombreado de la malla no fue suficiente para disminuir la firmeza de frutos, por el contrario, la mejoró (Tabla 4), indicando que la buena transmisión de luz que se observó en el dosel del árbol favoreció un adecuado suministro de Ca a la fruta. Otro factor a tener en cuenta en el efecto de la malla sobre la firmeza de frutos es la reducción de la temperatura de los tejidos por efecto de la sombra, tal como lo demostraron Beppu y Kataoka (2000) al utilizar mallas para bajar la temperatura y a su vez la incidencia de frutos dobles en cerezos. La variación de la temperatura repercute en la firmeza de frutos al alterar la estructura y composición química de la pared celular. Diversas investigaciones demuestran que la variación de la temperatura causa modificaciones progresivas en los polisacáridos de la pared celular en frutos, producto de la solubilización y despolimerización por acción enzimática (Salato, 2006; Goulao y Oliveira, 2008; Barajas *et al.*, 2008). Las enzimas capaces de la degradación de la pared y que, por tanto, participan en el ablandamiento de frutos son sensibles a variaciones de temperatura y su actividad disminuye en condiciones ambientales más frías (Timberlake, 2013). Esto fue confirmado por Matamala *et al.* (2023) trabajando con mallas en arándanos. En su estudio, estos autores demostraron un aumento en la firmeza de arándanos cultivados bajo malla negra, relacionado a los valores más bajos de acumulación térmica (grados día) con respecto a otros materiales de cobertura y condición sin cobertura. Las mallas bicolors como la azul-gris utilizada en la presente investigación también tienen el propósito de disminuir la temperatura en la piel de los frutos (Bastías *et al.*, 2018), lo que podría explicar el resultado significativo de aumento de firmeza de frutos en cerezos bajo malla (Tabla 4).

La disminución de la disponibilidad de luz bajo malla tiene efecto directo sobre las características organolépticas de los frutos (Salazar-Canales *et al.*, 2021). En la presente investigación, aunque el uso de malla afectó positivamente la firmeza de

frutos, no lo hizo con los otros parámetros de calidad como SS, A, relación SS/A y color (Tabla 4). Estos resultados no concuerdan con otros trabajos realizados en que el uso de cubiertas si afectó significativamente estos parámetros de calidad de fruta. Usenik *et al.* (2009) reportaron una alta concentración de azúcares (glucosa, fructosa y sorbitol) en cerezos bajo cobertura, lo que se tradujo en una mayor concentración de SS. Al contrario, Suran *et al.* (2019) obtuvieron un menor porcentaje de SS en cerezas creciendo bajo cobertura.

Por otro lado, el uso de malla bicolor negra-verde y negra-roja redujo la acidez en manzanas dependiendo de la variedad, mientras que la relación SS/A no se vio afectada (Solomakhin *et al.*, 2010). Respecto al color de frutos, la relación a/b no se vio alterada por las mallas (Tabla 4). Considerando que dentro del espacio de color, el valor a+ presenta una tendencia al color rojo y b+ una tendencia al amarillo y es indicador del estado de madurez asociado a la presencia de pigmentos como antocianinas y carotenoides (Metas, 2009), entonces los resultados de la presente investigación indican que el uso de malla no incidió en el adelanto o retraso de la maduración de los frutos.

Tabla 4. Influencia del uso de malla y posición dentro del dosel sobre el parámetro de calidad de fruta.

Posición en el dosel del árbol	Tratamientos	Calidad de frutos				
		Firmeza (g mm <sup>-1</sup> )	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (%)	SS/Acidez (°Brix % <sup>-1</sup> )	a/b
Superior	Control	273,49	22,2	1,04	21,89	5,22
	Malla	318,93	21,62	0,96	23,69	4,77
	<i>p-valor</i>	0,037*	0,497 ns	0,312 ns	0,228 ns	0,339 ns
Medio	Control	291,48	21,52	1	21,89	4,69
	Malla	319,01	22,47	0,9	25,52	4,56
	<i>p-valor</i>	0,168 ns	0,084 ns	0,176 ns	0,078 ns	0,541 ns
Bajo	Control	299,97	21,23	1,03	20,94	4,38
	Malla	345,83	20,89	0,95	22,67	4,37
	<i>p-valor</i>	0,001*	0,448 ns	0,409 ns	0,405 ns	0,963 ns

\*=Significativo a  $p \leq 0,05$ ; ns= No significativo, según prueba T Student.

### Relación entre transmisión de luz y componentes de rendimiento y calidad de frutos evaluados.

A partir del análisis de regresión lineal solo fueron significativas las regresiones entre transmisión de luz y las variables rendimiento y relación color a/b ( $p = 0,0219^*$  y  $p = 0,0482^*$ , respectivamente) (Figura 2 y 3). Sin embargo, la variación de transmisión de luz solo explicaría el 29 % las variaciones de rendimiento y 22 % de las de color. Estos resultados confirman el hecho de que las mallas no afectaron significativamente los parámetros de rendimiento y color (Tablas 3 y 4) y que solo se explicarían por la variación de transmisión que se generan por los niveles de sombra que genera el dosel del árbol en los distintos niveles que fueron analizados. Además, no se apreció una relación significativa entre la variación de transmisión de luz y los parámetros de diámetro y firmeza (Tabla 5), que si fueron afectados significativamente por la malla, lo que también confirma que existen otras variables asociadas al uso de malla que explicarían el efecto de la malla en la firmeza y diámetro de frutos.

Tabla 5. Componentes de la función lineal de transmisión de luz previo a la cosecha en base a componentes de rendimiento y calidad de frutos y su coeficiente de determinación ( $R^2$ ). a: pendiente, b: intercepto.

A v/s B	Transmisión de luz (%) precosecha			
	a	b	$R^2$	Significancia
Rendimiento	0,05	-0,86	0,29	0,0219*
Firmeza	-0,91	344,45	0,11	0,1874 ns
Sólidos solubles	0,02	20,91	0,05	0,3861 ns
Acidez	0,0036	0,84	0,14	0,1303 ns
SS/acidez	-0,04	24,27	0,02	0,5383 ns
Diámetro	0,0036	26,27	0,0026	0,8417 ns
a/b	0,02	3,9	0,22	0,0482*

\*=Significativo a  $p \leq 0,05$ ; ns= No significativo, según prueba T Student.

Figura 2. Relación entre transmisión de luz y rendimiento en cerezos con y sin malla.

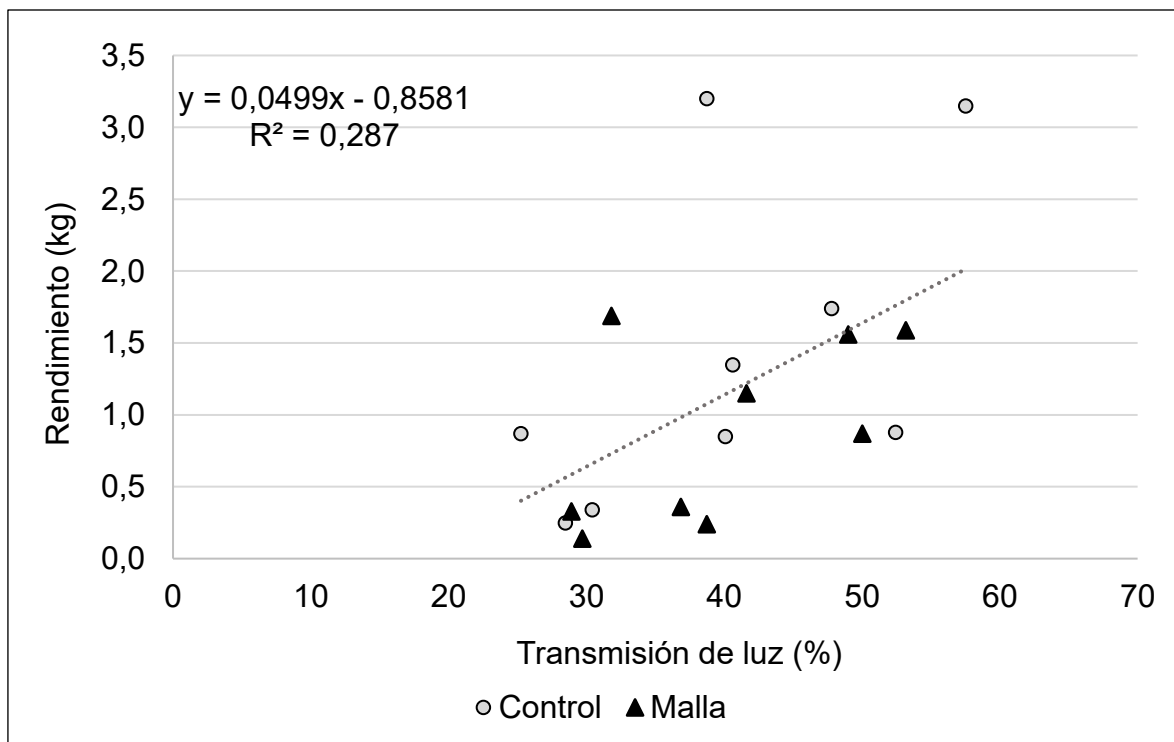
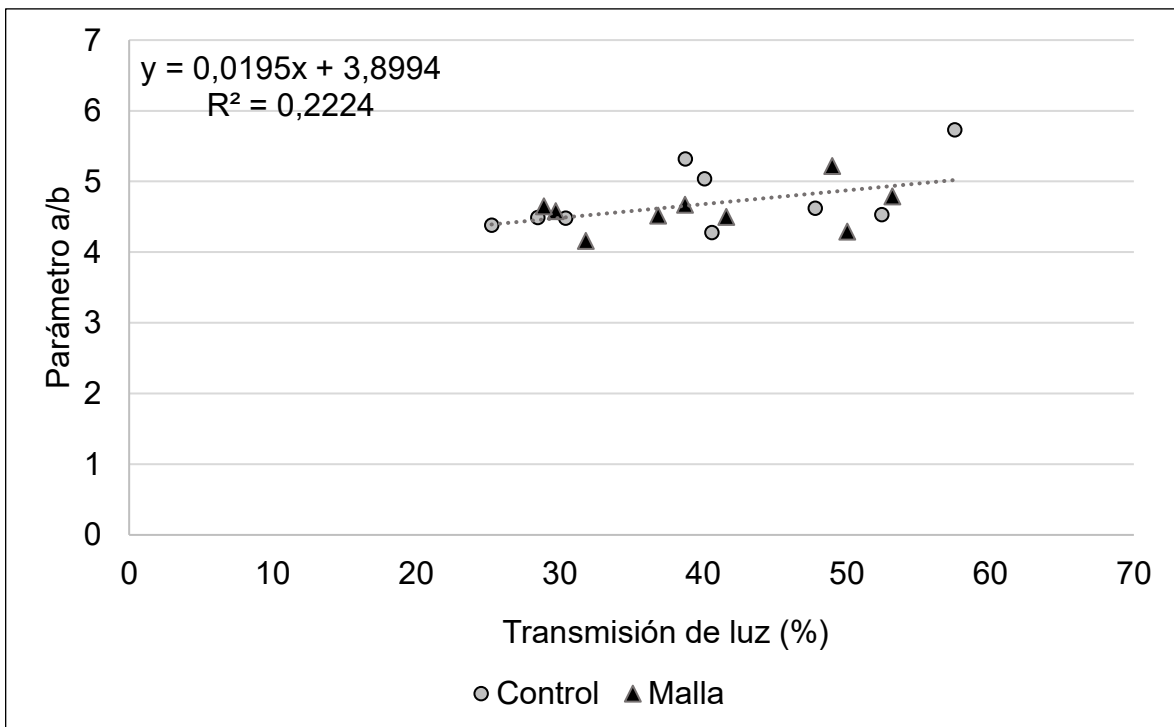


Figura 3. Relación entre transmisión de luz y el parámetro de color a/b en cerezos con y sin malla.



## CONCLUSIONES

El uso de malla bicolor al 20 % de sombra no afecta la disponibilidad de luz para ninguno de los niveles del dosel del árbol en cerezos, por lo que no altera negativamente el potencial de rendimiento y calidad de este cultivo bajo este tipo de mallas.

El uso de malla mejora el diámetro y firmeza de la fruta; parámetros que son determinantes sobre el precio de retorno al productor. Sin embargo, los resultados de la presente investigación no permiten asegurar que este efecto de la malla se deba solo al factor de transmisión de luz, por lo que es relevante realizar nuevos estudios acerca del rol de factores como la temperatura y área foliar en estas diferencias de diámetro y firmeza de fruta encontradas.

## REFERENCIAS

1. Baldini, E. 1992. Arboricultura general. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España.
2. Barajas, J., J. Cepeda, T. Enciso, D. Rangel, G. Álvarez, J. Castro, C. Greve y J. Labavitch. 2008. Solubilización y despolimerización de pectinas durante el ablandamiento de frutos de papaya. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(2): 149-155.
3. Bastías, R.M. L. Manfrini, y L. Corelli-Grapadelli. 2012. Exploring the Potential use of the Photo-selective Nets for Fruit Growth Regulation in Apple. *Chil. J. Agr. Res.* 72(2): 224-231
- 4.. Bastías, R.M., M. Leyton, R. Valenzuela, C. Umazor, y L. Corelli Grappadelli. 2015. Uso de mallas en huertos de manzanos: Parte I. Consideraciones en el diseño, propiedades radiométricas y respuestas de interés agronómico. *Revista Frutícola.* 37(1): 32-37.
5. Bastías, R.M., E. Moya, C. Quezada, M. Leyton, D. da Costa, A. Pinto. 2018. Manejo de huertos de manzanos bajo mallas para el control de daño por sol. FIA. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
6. Bastías, R.M. and A. Boini. 2022. Apple Production under Protective Netting Systems. pp. 91–102. In: A. Küden. (Ed.). *Apple, Cultivation—Recent Advances*. IntechOpen. London, UK.
7. Beppu, K. and I. Kataoka. 2000. Artificial shading reduces the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet cherry. *Sci. Horti.* 83(3): 241-247.
8. Bhusal, N., S. Bhusal, S. Han, and T. Yoon. 2019. Canopy light distribution and fruit quality in excessive tall spindle apple production system. *Acta Hortic.*

1261(1): 209-218.

9. Blanco, V., J. Zoffoli and M. Ayala. 2021. Influence of High Tunnel Microclimate on Fruit Quality and Calcium Concentration in 'Santina' Sweet Cherries in a Mediterranean Climate. *Agronomy*. 11(6): 1-14.
10. Blanke, M. 2018. Efectos de mallas y reflectantes en frutales. pp: 2-5. Boletín técnico pomáceas N° 18. Talca. Chile.
11. Casierra-Posada, F., J. Rodríguez y J. Cárdenas-Hernández. 2007. La relación hoja:fruto afecta la producción, el crecimiento y la calidad del fruto en duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv 'Rubidoux'). *Rev. Fac. Nal. Agr.* 60(1): 3657-3669.
12. Centritto, M., F. Loreto, A. Massaci, F. Pietrini, M. Villani and M. Zacchini. 2000. Improve growth and water use efficiency of cherry saplings under reduced light intensity. *Ecol. Res.* 15(4): 385-392.
13. Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada and C. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
14. Dussi, M., G. Giardina, D. Sosa, R. González, A. Zecca and P. Reeb. 2005. Shade nets effect on canopy light distribution and quality of fruit and spur leaf on apple cv. Fuji. *Span. J. Agr. Res.* 3(2): 253-260.
15. Flore, J., C. Kesner and A. Webster. 1996. Tree Canopy Management and the Orchard Environment: Principles and Practices of Pruning and Training. pp: 259-277. In: A. Webster and N. Looney (Eds.). *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*. Cab International. London, UK.
16. Goulao, L. and C. Oliveira. 2008. Cell wall modifications during fruit ripening: when some fruit is not the fruit. *Food Sci. & Tec.* 19(1): 4-25.
17. Hampson, C., A. Azarenko and J. Potter. 1996. Photosynthetic rate, flowering, and yield component alteration in Hazelnut in response to different light environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(6): 1103-1111.
18. Jackson, J. and W. Palmer. 1980. A computer model study of light interception by orchards in relation to mechanized haversting and management. *Sci. Hort.* 13(1): 1-7.
19. Joublan, J. y J. Claverie. 2004. Portainjertos. pp: 105-129. En: J. Joublan y J. Claverie (Eds.). *El cerezo: Guía técnica*. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
20. Lemus, G. y C. Negrón. 2005. Cultivares. pp: 23-36. *El Cultivo del Cerezo*. Boletín N°133. INIA La Platina. Santiago, Chile.
21. Lobos, G., J. Retamales, J. Hancock, J. Flore, N. Cobo and A. del Pozo. 2012.

- Spectral irradiance, gas exchange characteristics and leaf traits of *Vaccinium corymbosum* L. 'Elliott' grown under photo-selective nets. *Env. And Exper. Bot.* 75(1): 142-149.
22. Lobos, G., J. Retamales J. Hancock, J. Flore, S. Romero-Bravo and A. del Pozo. 2013. Productivity and fruit quality of *Vaccinium corymbosum* cv. Elliott under photo-selective shading nets. *Sci. Hort.* 153: 143-149.
23. Matamala, M., R.M. Bastías, I. Urra, A. Calderón-Orellana, J.C. Campos, and K. Albornoz. 2023. Rain cover and netting materials differentially affect fruit yield and quality traits in two highbush blueberry cultivars via changes in sunlight and temperature conditions. *Plants.* 12(20): 1-19.
24. Metas. 2009. Medición de color. pp: 2-11. Boletín informativo. La guía metas. México.
25. Olivares-Soto, H., R. Bastías, A. Calderón-Orellana y M. López. 2020. Sunburn control by nets differentially affects the antioxidant properties of fruit peel in 'Gala' and 'Fuji' apples. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 61(2): 241-254.
26. Pannico, A.C., M. Cirillo, P. Giaccone, R. Scognamiglio, N. Romano, R. Caporaso, R. Sacchi and B. Basile. 2017. Fruit position within the canopy affects kernel lipid composition of hazelnuts. *J. Sci. Food Agr.* 97(14): 4790-4799.
27. Raffo, D. 2014. La radiación solar y las plantas: un delicado equilibrio. *Frut. & Diver.* 20(74): 40-44.
28. Retamales, J., J. Montecino, G. Lobos and L. Rojas. 2008. Colored Shading Nets Increase Yields and Profitability of Highbush Blueberries. *Acta. Hort.* 770: 193-197.
29. Salato, G. 2006. Modificaciones en la composición de la pared celular de frutos de cerezo dulce (*Prunus avium* L.): incidencia del estado ontogénico y del cultivar. Tesis, Magíster área producción vegetal con orientación en cultivos intensivos. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Buenos aires, Argentina.
30. Salazar-Canales, F., R. Bastías., A. Calderón-Orellana., R. Wilckens and E. González. 2021. Photo-selective nets differentially affect microclimatic conditions, leaf physiological characteristics, and yield in hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Hortic. Environ. Biote.* 62(6): 845-858.
31. Salvadores, Y. and R.M. Bastías. 2023. Environmental factors and physiological responses of sweet cherry production under protective cover systems: A review. *Chil. J. Agr. Res.* 83(4): 484-498.
32. Sepúlveda, A., L. Arenas y J. Yuri. 2018. Caracterización de cobertores y

- reflectantes. pp: 6-10. Boletín técnico pomáceas. N° 18(2). Talca, Chile.
33. Shahak, Y., K. Ratner, Y. Giller, N. Zur, E. Or, E. Gussakovsky, R. Stern, P. Sarig, E. Raban, E. Harcavi, I. Doron and Y. Greenblat-Avron. 2008. Improving solar energy utilization, productivity and fruit quality in orchards and vineyards by photoselective netting. *Acta Hort.* 772(1):65-72.
  34. Solomakhin, A. and M. Blanke. 2008. Coloured hailnets alter light transmission, spectra and phytochrome, as well as vegetative growth, leaf chlorophyll and photosynthesis and reduce flower induction of apple. *Plant. Grow. Reg.* 56(1): 211-218.
  35. Solomakhin, A. and M. Blanke. 2010. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar: acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit? *F. Sci. And Tech.* 43(8): 1277-1284.
  36. Stolpe, N. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Departamento de Suelos y Recursos Naturales, Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción, Chile.
  37. Suran, P., R. Vávra, M. Jonás, L. Zeleny and A. Skrivanová. 2019. Effect of rain protective covering of sweet cherry orchard on fruit quality and cracking. *Acta. Hortic.* 1235(25): 189-196.
  38. Tan, Y., B. Wen, L. Xun, X. Zong, Y. Sun, G. Wei and H. Wei. 2023. High temperature inhibited the accumulation of anthocyanin by promoting ABA catabolism in sweet cherry fruits. *Front. Plants. Sci.* 14(2): 1-15.
  39. Timberlake, K. 2013. Química general, orgánica y biológica. Estructuras de la vida. (4a. ed). Ediciones Pearson Education. Naucalpán de Juárez, México.
  40. Umanzor, M. 2015. Influencia del uso de malla perla y roja en las condiciones micro-climáticas, daño por sol y desarrollo de color de frutos en huertos de manzanos cvs. Gala y Fuji. Tesis, Magíster en Ciencias Agronómicas, mención Producción Vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
  41. Usenik, V., P. Zadavec and F. Stampar. 2009. Influence of Rain Protective Tree Covering on Sweet Cherry Fruit Quality. *Europ. Hort. Sci.* 74(2): 49-53.
  42. Withing, M. and G. Lang. 2004. 'Bing' sweet cherry on the dwarfing rootstock 'Gisela 5': Thinning affects fruits quality and vegetative growth but not net CO<sub>2</sub> exchange. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(3): 407-415.
  43. Wünsche, J.N., A.N. Lakso and T.L. Robinson. 1995. Comparison of four methods for estimating total light interception by Apple trees of varying forms. *HortScience.* 30(2): 272-276.
  44. Yuri, J., C. Torres y J. Vásquez. 2000. Golpe de sol en Manzanas. I. Evaluación

del daño y métodos de control. Agro-Cienc.16(1): 13-21.