



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

**Efecto de los cobertores plásticos sobre la asimilación neta y el crecimiento
vegetativo de árboles de cerezo (var. Santina)**

MEMORIA DE TÍTULO

RAÚL EDUARDO HUERTA CORDERO

TALCA-CHILE

2019



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

**Efecto de los cobertores plásticos sobre la asimilación neta y el crecimiento vegetativo
de árboles de cerezo (var. Santina)**

Por
RAUL EDUARDO HUERTA CORDERO

MEMORIA DE TÍTULO

Presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

TALCA, 2018

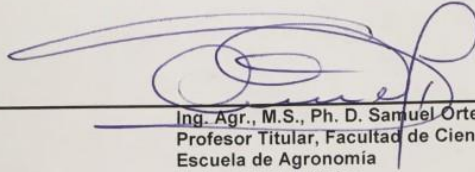
CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



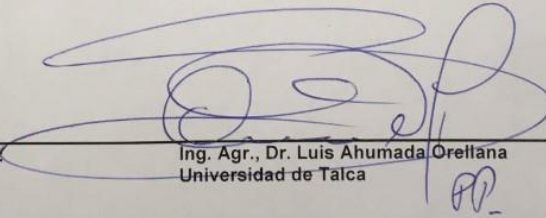
Talca, 2019

Aprobación:



Profesor Guía:

Ing. Agr., M.S., Ph. D. Samuel Ortega-Farias
Profesor Titular, Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía
Universidad de Talca



Profesor Co-guía:

Ing. Agr., Dr. Luis Ahumada Orellana
Universidad de Talca

Fecha presentación Memoria de Título, 04 de enero de 2019

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate the effect of plastic covers on net assimilation (A_n), photosynthetically active radiation (PAR), vegetative growth, leaf area index (LAI), cover fraction (Fc) and yield (kg / plant) in cherry trees (*Prunus avium* cv. Santana) located in "Sagrada Familia", Maule Region, Chile ($35^{\circ} 00'51''S$ $71^{\circ} 19'47''W$ and 181 m above sea level) during the 2017-2018 growing season . For this purpose, in a seven-year orchard, three treatments were implemented corresponding to trees without plastic cover (T0), covered with raffia (T1) and protected with low density polyethylene (T2). The results indicated significant differences among the treatments for PAR with values of 1605, 1086 and 1087 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for T0, T1 and T2, respectively. In addition, it was observed that A_n was statistically higher in treatments with plastic covers (A_n was 16 and 15.9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ for T1 and T2, respectively) in comparison to the control treatment (A_n was 13 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$) during the first evaluation (08-11-17); however, there were no significant differences in the last two measurements. Finally, there were no significant differences between treatments for LAI, Fc and yield.

RESUMEN

Un estudio fue realizado para evaluar el efecto de las cubiertas plásticas sobre la asimilación neta (A_n), radiación fotosintéticamente activa (PAR), crecimiento vegetativo, índice de área foliar (IAF), fracción de cobertura (F_c) y rendimiento (kg/planta) en árboles de cerezos (*Prunus avium* cv. *Santina*) ubicados en la localidad de Sagrada Familia, Región de del Maule, Chile ($35^{\circ}00'51''S$ $71^{\circ}19'47''W$ y 181 m.s.n.m) durante la temporada 2017-2018. Para este objetivo, en un huerto de siete años, se implementaron tres tratamientos correspondientes a árboles sin cubierta plástica (T0), cubiertos con rafia (T1) y protegidos con polietileno de baja densidad (T2). Los resultados indicaron diferencias significativas entre los tratamientos para PAR con valores de 1605, 1086 y 1087 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para T0, T1 y T2, respectivamente. Además, se observó que A_n fue estadísticamente mayor en los tratamientos con cubiertas plásticas (A_n fue 16 y 15,9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para T1 y T2, respectivamente) en comparación al tratamiento control (A_n fue 13 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) durante la primera evaluación (08-11-17); sin embargo no existieron diferencias significativas en las dos últimas mediciones. Finalmente, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para LAI, F_c y rendimiento.

ÍNDICE

	Página
1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivo general	3
1.3 Objetivo específico	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1. Situación de las cerezas.	4
2.2 El cultivo de las cerezas.	4
2.3 Cultivar.	5
2.4 Portainjerto.	5
2.5 Cambio climático.	5
2.6 Partidura de las cerezas.	6
2.7 Manejo de partidura en el campo.	6
2.8 Coberturas plásticas.	7
2.9 Fotosíntesis y Radiación fotosintéticamente activa (PAR).	7
2.10 Potencial hídrico de xilema (PHX).	8
3. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 Lugar y sitio del estudio.	9
3.2 Diseño experimental.	9
3.3 Evaluaciones.	10
3.3.1 Estado hídrico de la planta.	10
3.3.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR) y Asimilación neta (An).	10
3.3.3 Fracción de cobertura.	10
3.3.4 Índice de área foliar (IAF).	10
3.4 Análisis estadístico.	11
4. RESULTADOS Y DISCUSION	12
4.1 Potencial hídrico xilemático (PHX).	12
4.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR, por su sigla en inglés)	13
4.3 Asimilación neta (An).	14
4.4 Fracción de cobertura (FC).	15
4.5 Índice de área foliar (LAI).	16

4.6 Rendimiento	17
5. CONCLUSIONES.....	18
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Descripción de los tratamientos.....	15
Cuadro 4.1 Rendimiento de los tratamientos (Kg/planta) durante la temporada 2017-2018.....	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Potencial hídrico de xilema (Ψ_X) de hojas de cerezo (cv. Santina) en las tres fechas evaluadas durante la temporada 2017-2018.....	18
Figura 4.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR) en hojas de cerezo (cv. Santina) de los tratamientos en las tres fechas evaluadas durante la temporada 2017-2018.....	19
Figura 4.3 Asimilación neta (A_n) en hojas de cerezo (cv. Santina) de los tratamientos en las tres fechas evaluadas durante la temporada 2017-2018.....	20
Figura 4.4 Fracción de cobertura (F_c) de los tratamientos a inicios y fines de la temporada 2017-2018.....	22
Figura 4.5 Índice de área foliar (LAI) de los tratamientos a inicios y fines de la temporada 2017-2018.....	23

1.- INTRODUCCIÓN

El cerezo (*Prunus avium*) en los últimos años se ha convertido en uno de los frutales más relevantes y rentables dentro del sector frutícola chileno, debido a la ventaja en la producción de contra estación que presenta Chile con respecto al resto de los países del hemisferio norte (DIRECON, 2017), ofreciendo una de las frutas más apetecidas por los consumidores, siendo los principales mercados de destino China, Japón y Korea (Soto, 2017). Esto ha provocado una fuerte expansión del cultivo en el territorio nacional ocasionado por la demanda y los precios que se transan en el mercado. Chile se ha posicionado como el principal productor del hemisferio Sur, alcanzando el 20% del volumen mundial con un total de 187.142 toneladas de fruta exportada en la temporada 2017-2018 (ODEPA, 2018). De norte a sur del país existen alrededor de 20.000 hectáreas plantadas de cerezo distribuidas entre las regiones de Coquimbo y Aysén (Muñoz, 2015), permitiendo aumentar la temporada de oferta de cerezas desde mediados de Octubre hasta mediados de Enero, concentrándose la mayor producción desde fines de Noviembre hasta mediados de Diciembre. Un 80% de la plantación nacional se centra entre las regiones de O'Higgins y Maule, siendo la variedad Santina una de la más plantada en los últimos cinco años (26,3%) (Muñoz, 2015).

Desde hace algunos años, el cambio climático se ha convertido en uno de los temas más preocupantes para la agricultura, actividad que consume un porcentaje cercano al 73% del agua dulce disponible a nivel nacional (Santibáñez, 2016). De acuerdo a las proyecciones hacia el año 2100 en Chile se presentará un aumento en las temperaturas en todo su territorio de más de 2°C, lo que intensificará los eventos extremos tales como, sequias y lluvias intensas fuera de temporada. Por otra parte, este creciente escenario plantea un incremento en la concentración de dióxido de carbono, aumentos en los niveles de luz ultravioleta, baja en las precipitaciones y presencia de lluvias estivales (Barros *et al.*, 2017), los cuales afectan el desarrollo, crecimiento, producción y calidad de las especies frutales (Fischer *et al.*, 2016). Al respecto, se ha identificado que el cambio en el régimen de precipitaciones provoca daños directos en la producción de cerezas (lluvias primaverales), debido a que este fruto hace absorción de agua hacia su interior al entrar en contacto con su superficie en estados previos a su cosecha (Measham, 2010; Sekse, 1995), lo que genera partiduras en esta fruta, produciendo pérdidas de calidad y condiciones de exportación. Sin embargo, el cambio climático también ha hecho posible expandir la plantación de cerezos hacia zonas del sur del país en donde el establecimiento de huertos no era posible.

Las zonas al sur de Chile presentan mayor cantidad de lluvias y en el caso de cerezas coincide con los periodos de floración, cuaja y maduración del fruto. Al respecto, en los huertos de cerezo

se han implementado tecnologías para la protección de la fruta contra las lluvias a través de cubiertas plásticas, las cuales han reducido significativamente las partiduras de frutos ocasionadas por el exceso de lluvia en primavera. Es así que, Cline et al. (1995) observaron una disminución de este daño en aproximadamente un 63% gracias al sistema de cobertores (cubiertas plásticas). Esto ha generado un interés creciente por la utilización de dichas cubiertas en los huertos de cerezo, siendo la rafia el material más utilizado. La rafia está fabricada en base a polietileno, material utilizado para diversas funciones en la agricultura; sin embargo, en la actualidad se han implementado diversos materiales en fabricación de cubiertas plásticas, como el polietileno de baja densidad utilizado para la fabricación de invernaderos (Balocco *et al.*, 2018).

Desde el punto de vista agronómico, las cubiertas plásticas alteran las condiciones micro climáticas dentro del huerto, pues genera una reducción en la velocidad del viento y un incremento de la temperatura del aire (Lang, 2014). Desde el punto de vista fisiológico, Wallberg y Sagredo (2014) indicaron que las cubiertas plásticas en huertos de cerezos reducen en hasta un 40% la luz incidente (PAR, por su sigla en inglés), sin embargo, a pesar de esta reducción en la radiación PAR, niveles de $1000-1100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ observados bajo cobertor son adecuados para la saturación fotosintética de hojas de cerezo.

1.1 Hipótesis

Los cobertores plásticos no afectan negativamente la asimilación neta ni el crecimiento vegetativo de árboles de cerezos (cv. Santina).

1.2 Objetivo general

Evaluar el efecto de los cobertores plásticos sobre la radiación fotosintéticamente activa, asimilación neta, expresión vegetativa y rendimiento de árboles de cerezos (cv. Santina) en la región del Maule.

1.3 Objetivo específico

- I. Evaluar el efecto de cubiertas plásticas sobre la asimilación neta y rendimiento en árboles de cerezo.
- II. Determinar el crecimiento de árboles de cerezo bajo cubiertas plásticas.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Situación de las cerezas.

La producción mundial de cerezas ha experimentado un alza en los últimos años, destacando países como Turquía con un 20,7% de la producción mundial, Estados Unidos (16,4%), China (9,1%) y Chile concentrándose en la sexta posición con un 4,6% (Muñoz, 2015). Además, países como Turquía, Estados Unidos y China son los líderes en el consumo de esta fruta, destacando a este último como el principal importador con una demanda del 28% de la producción mundial (Muñoz, 2015), siendo Chile el país que presenta más del 80% del total importado por dicho país (DIRECON, 2017). En Chile, la superficie plantada con huertos de cerezas corresponde a 20.592 há, las cuales representan el 7,6% de la superficie total de huertos dedicados a la comercialización de fruta fresca. La Región de O'Higgins predomina en cuanto a superficie plantada con 8.675 há establecidas seguidas por la regiones del Maule (8.087 há) y Metropolitana (1.814 há) que concentran el 90,2% del total de la superficie nacional de huertos de cerezas plantados en el país (Muñoz, 2015).

2.2 El cultivo de las cerezas.

El cerezo (*Prunus avium L.*), según se cree, tiene su origen en Asia y posteriormente se distribuyó por todo el mundo, siendo los primeros colonizadores quienes trajeron este frutal hacia América. Este es un árbol caducifolio de gran estructura, posee un crecimiento acrotónico, es decir, el crecimiento de las yemas apicales inhiben el desarrollo de los brotes laterales, lo que se traduce en una fuerte dominancia apical. El crecimiento anual de los brotes en cerezo comienza al final de la floración y cesa hacia mediados del verano, es vigoroso pudiendo alcanzar hasta dos metros de longitud (Cazanga *et al.*, 2012). Sin embargo, es un árbol que ramifica poco en comparación con otras especies como duraznero o damasco (Donoso *et al.*, 2007). Posee flores simples, de color blanco, que se agrupan en corimbos de uno a cinco flores. Estas inflorescencias se ubican en yemas florales de la base en madera del año o también en yemas ubicadas en dardos en madera de 2 años o más (Ellena, 2006). La especie se caracteriza por poseer flores hermafroditas autoestériles, debido a la incompatibilidad gametofítica, característica otorgada por el gen denominado "S. Pero a través de continuos trabajos de mejoramiento genético que se desarrolló a partir de este gen, se han generado diversos cultivares autofértiles, como es el caso de variedades tales como Lapins, Sunburst, Sweetheart, Santina, entre otras (Quero-García *et al.*, 2017).

El fruto del cerezo corresponde a una drupas formada por un carozo o endocarpio que contiene una semilla cubierta por una testa dura, la pulpa o mesocarpio es la parte comestible y el epicarpio que corresponde a la piel (Labra *et al.*, 2005).

2.3 Cultivar.

La especie Santina es un cultivar originado en Canadá, fue obtenida mediante la cruce de cultivares “Stella” x “Summit”(Quero-García *et al.*, 2017). Es una variedad temprana en la temporada, firme de piel y brillante con un pedicelo medio a largo, siendo muy susceptible a partidura. Esta dentro del grupo de variedades de cerezos auto fértiles y requiere entre 600-800 horas frío bajo 7°C (Ellena, 2006). Según Odepa (2015), en el periodo 2010-2014, las variedades más plantadas fueron Lapins (28,6%) y Santina (26,3%) en relación a la superficie total de cerezos plantadas en ese periodo.

2.4 Portainjerto.

La elección del portainjerto es vital para decidir la combinación a plantar en un huerto de cerezo, ya que al utilizar un determinado portainjerto se busca otorgar ciertas características deseadas al cultivar (Ayala, 2009). Uno de ellos y uno de los más comunes, el portainjerto Colt, es compatible con la mayoría de las variedades, siendo su principal inconveniente su gran vigor y su baja precocidad (Ayala, 2009), requiere de suelos de buen drenaje, aunque es moderadamente resistente a la asfixia y pudrición de raíces, resistente al cáncer bacterial pero muy sensible a *Agrobacterium spp* (agalla de la corona).

Sin embargo el uso de portainjertos vigorosos o semivigorosos como Gisela 6, Gisela 12, Colt y/o CAB6P pueden resultar en arboles excesivamente grandes que se vuelven difíciles de mantener bajo un cobertor plástico (Quero-García *et al.*, 2017).

2.5 Cambio climático.

El cambio climático se define como “*un cambio en el clima atribuido directo e indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables*” (CMNUCC, 1992). Esto ha sido un tema preocupante a nivel mundial, debido que el aumento de emisiones antropógenas de gases del efecto invernadero (GEI) registrados en los últimos años ha ido en

alza y siendo sumamente probable que hayan sido las causas dominantes del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (Pachauri *et al.*, 2014). La agricultura es muy vulnerable frente a este escenario, debido que proyecciones hacia el año 2100 para Chile indican aumento en las temperaturas en 2°C (Pachauri *et al.*, 2014), lo que provocaría una reducción en la producción de los cultivos (Nelson *et al.*, 2009). Además, esta alza en las temperaturas provocaría una reducción en la capacidad de la cordillera para almacenar nieve, lo que afectaría directamente la disponibilidad de agua para la agricultura. Asimismo, cambios en los regímenes de lluvias durante la temporada han evidenciado pérdidas en la producción de cultivos debido a la presencia de lluvias estivales y periodos de calor extremo durante la temporada de crecimiento de los frutos.

2.6 Partidura de las cerezas.

Las cerezas son sensibles al cracking o partidura de frutos, afectando en mayor grado a zonas donde se producen lluvias durante la fase de madurez de frutos, siendo uno de los factores limitantes para la producción comercial de esta fruta y en algunos casos ocasionar la pérdida total de la producción (Ellena, 2006). El fruto del cerezo presenta una curva de crecimiento doble sigmoidea, que divide el periodo de desarrollo del fruto en tres etapas, siendo la fase III caracterizada por la expansión celular, etapa que atribuye el tamaño final de la fruta y que presenta la mayor susceptibilidad a la partidura. Entre los factores que incidirían en la aparición del daño por partidura en cerezas se encuentran el cultivar, condiciones de crecimiento, riego, manejo, portainjerto, tamaño del fruto y el contenido de sólidos solubles en la fruta a medida que está madura (Balbontín *et al.*, 2013). Estudios han evidenciado que las partiduras en cerezas es causada por un exceso de suministro de agua hacia la fruta después de una lluvia, debido a los flujos de agua desde la superficie del fruto hacia el interior y desde el suelo a través del flujo vascular (Measham, 2010). Sin embargo, estudios realizados han demostrado que la principal causa se debe a la absorción de agua a través de la epidermis del fruto (Ellena, 2006).

2.7 Manejo de partidura en el campo.

En la actualidad existen estrategias para reducir la incidencia de partiduras en el campo, como los sistemas químicos, genéticos y físicos. El primero consiste en aplicaciones a base de calcio para reforzar las paredes y reducir la velocidad de absorción de agua. Por otro lado el mejoramiento genético busca otorgar variedades más resistentes al cracking y los sistemas físicos principalmente consiste en la utilización de cubiertas plásticas sobre la hilera de plantación para evitar el contacto de agua de lluvia con los frutos (Ellena, 2006).

2.8 Coberturas plásticas.

Estudios realizados en el extranjero han evidenciado la eficacia de las cubiertas plásticas para prevenir partidura en cerezas (Børve et al., 2003). Dichas cubiertas son fabricadas con polietileno, el cual agrupa una familia numerosa de polímeros de distintas estructuras moleculares y que confieren distintas características. Al respecto existen el polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD), diferenciándose por sus características de resistencia, flexibilidad y coloración (González-Viñas et al., 2003).

2.9 Fotosíntesis y Radiación fotosintéticamente activa (PAR).

La mayoría de los árboles frutales requiere entre 500- 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de PAR, lo que es equivalente a un 25 a 30% de pleno sol en un día de verano para que la fotosíntesis neta sea positiva, es decir la producción de fotosintatos sea mayor que su consumo (Labra et al., 2004). Informes indican que la reducción de la radiación solar mediante sistema de coberturas puede variar en hasta un 40% en Chile. Sin embargo, niveles de luz de 1000-1100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de PAR medidas bajo cubierta en arboles de cerezo, son adecuados para la saturación fotosintética de las hojas (Wallberg y Sagredo, 2014). Según los autores Sotiropoulos et al., (2014) la asimilación neta y rendimiento de cerezos con y sin cobertura plástica no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Por su parte, en el caso de Chile, huertos de cerezo bajo cubiertas plásticas presentaron una disminución de la PAR en un 58% en días soleados y un 36% en días nublados (Bastías et al., 2018). Se sabe que no solo se reduce la radiación PAR, sino también la radiación ultravioleta ya que los revestimientos tienen aditivos contra los rayos UV para mejorar la durabilidad del plástico (Chavarria et al., 2009). Otros estudios en árboles de cerezo indicaron que la utilización de cubiertas plásticas redujo en un 40% la PAR y en un 63% la partidura en cerezas con respecto al tratamiento control (Cline et al., 1995; Wallberg y Sagredo, 2014). Según Lang (2014), árboles de cerezos bajo cobertor no solo producen una reducción en la PAR sino también una reducción en la velocidad del viento, incremento en la temperatura y acumulación de grados día. El uso de cubiertas plásticas ha evidenciado un aumento de radiación difusa, produciendo una distribución homogénea de la radiación en la copa del árbol y reduciendo la fotoinhibición producto de una alta radiación (Li et al., 2014).

Por otra parte, estudios realizados en Kiwi con la aplicación de cubiertas han producido efectos positivos en este cultivar a pesar de sufrir una reducción en la PAR que fluctuó entre un 25-37%

respecto al control. La utilización de cubiertas no perjudico la asimilación neta ($600 \text{ umol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) pues la planta de Kiwi requiere una baja radiación fotosintéticamente activa (Mills et al., 2009). Además, se pudo generar un incremento en el rendimiento y a una disminución del PSA (*Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*) (Chiabrande et al., 2018).

2.10 Potencial hídrico de xilema (PHX).

Podestá et al. (2009) registro valores de potencial hídrico de xilema (PHX) entre -0,6 y -0,9 MPa para árboles de cerezos (cv. Bing) sin estrés hídrico. Por otra parte, Marsal et al. (2010) indico que el PHX vario entre -0,8 y -1,3 MPa para un huerto de cerezos (cv. Summit) durante la temporada de crecimiento. El PHX puede ser medido a través de la cámara de presión tipo Scholander y para obtener mediciones del mismo es necesario cubrir previamente las hojas con una bolsa plástica y papel aluminio para bloquear la transpiración y radiación solar, permitiendo con ello un equilibrio del estado hídrico entre el xilema y la hoja. Para lograr este equilibrio, según Valenzuela (2011) se requiere un tiempo de tapado de la hoja mínimo de 60 minutos.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar y sitio del estudio.

El estudio se realizó durante la temporada 2017-2018 en un huerto de la comuna de Sagrada Familia, VII Región del Maule, Chile (35°00'51"S 71°19'47"W y 181 m.s.n.m). Este huerto tiene siete años de edad, constituido por cerezos variedad Santina injertados en patrón Colt, cuya densidad de plantación es de 4 m entre hilera y 2 metros sobre hilera. El huerto tiene un sistema de conducción de eje central y es regado por aspersión con un caudal de 27 L/h distribuidos en un aspersor por árbol.

El área del ensayo se caracteriza por presenta un clima del tipo mediterráneo cálido y sub húmedo que presenta precipitaciones anuales de 700mm, concentrándose principalmente en el periodo invernal; además de presentar veranos secos y cálidos (CORFO, 1964). El suelo del sector a estudiar tiene una clase textural franco arcillosa.

3.2_Diseño experimental.

El ensayo se estableció en un diseño experimental completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 6 repeticiones cada uno, donde cada unidad experimental estuvo compuesta por 40 árboles distribuidos en 5 hileras.

A continuación, se detallan los tratamientos evaluados en este estudio:

Cuadro 3.1 Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción de tratamientos
T ₀	Testigo sin cobertura.
T ₁	Polietileno de alta densidad (cobertor convencional o rafia), uso desde brotación a cosecha.
T ₂	Polietileno de baja densidad, uso desde brotación a cosecha.

3.3 Evaluaciones.

Este estudio considero la evaluación de los tratamientos entre brotación y cosecha de la cereza, realizando 3 fechas de medición de las variables que se describen a continuación.

3.3.1 Estado hídrico de la planta.

El estado hídrico de las plantas de cerezo fue evaluado a través del potencial hídrico de xilema utilizando una cámara de presión Scholander (PMS Instrument Company., Model 1000. USA). Estas mediciones se realizaron entre las 12:00 y 14:00 horas, sobre hojas ubicadas en la zona media del árbol. Las hojas fueron cubiertas con un film plástico y papel aluminio durante un periodo de dos horas anteriores a la medición, posteriormente fueron retiradas para poder realizar la medición con la cámara.

3.3.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR) y Asimilación neta (An).

En cerezos con y sin cobertor se realizaron mediciones de PAR y An usando un analizador infrarrojo de gases (modelo Li-6400 Li-Cor, Lincoln, NE, USA) sobre 2 hojas adultas, sanas y expuestas al sol. Estas mediciones fueron realizadas entre las 12:30 y 14:00 hrs (Chartzoulakis et al., 2002).

3.3.3 Fracción de cobertura.

La fracción de cobertura fue medida mediante la utilización de un plástico cuadrículado (10cmx10cm), el cual se coloca bajo la copa correspondiente a cada árbol (2mx4m), lo que representa el marco de plantación presente en el huerto. Se estimó el porcentaje de cuadros con sombra en relación a los cuadros totales del plástico; este valor fue considerado la fracción de cobertura del árbol.

3.3.4 Índice de área foliar (IAF).

El Índice de área foliar fue realizado a través de un analizador de área foliar (LAI-2000, ¿falta el modelo y compañía) durante el atardecer (20:30-21.30). Dicha medición fue realizada en un árbol por unidad experimental a inicios y fines de temporada (al final de temporada se realizó un deshoje del árbol para calibrar y corregir las mediciones).

3.4 Análisis estadístico.

Las variables estudiadas fueron analizadas a través de un análisis de varianza y las diferencias significativas fueron evaluadas usando la prueba de comparación múltiple LSD (Least significant difference) de Fisher con un 95% de confiabilidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Potencial hídrico xilemático (PHX).

La Figura 4.1, muestra el potencial hídrico de xilema en las tres fechas evaluadas, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Durante las dos primeras fechas los valores de potencial hídrico de xilema fluctuaron entre -1,25 y -1,38 MPa. Sin embargo, en la última medición efectuada el 25 de diciembre todos los tratamientos presentaron valores inferiores a -1,8 MPa, lo cual indica que durante esa fecha las plantas de todos los tratamientos presentaban una clara condición de estrés hídrico.

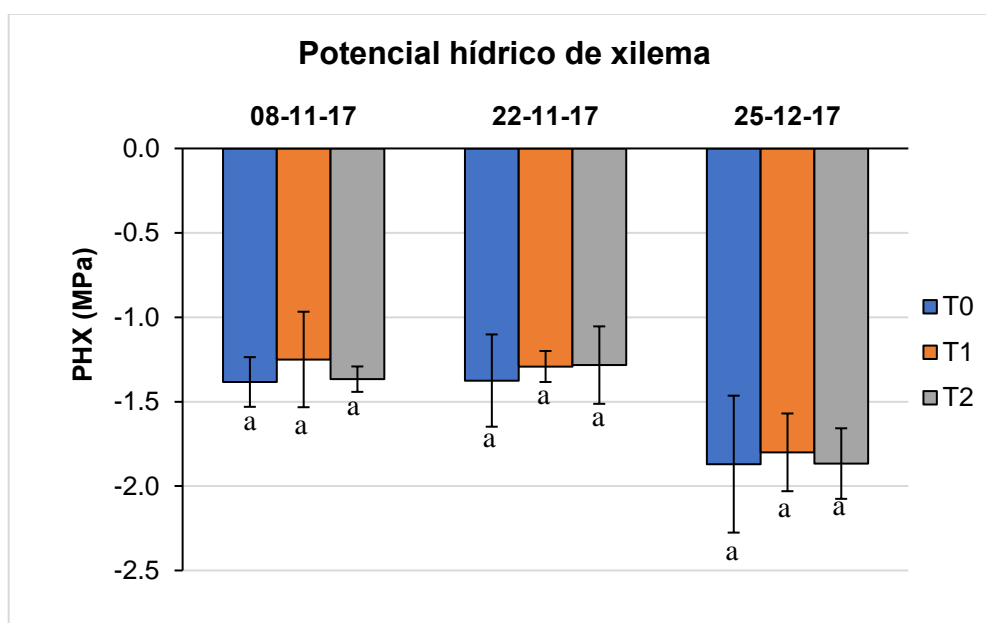


Figura 4.1 Potencial hídrico de xilema (PHX) de los tratamientos en las tres fechas evaluadas

Los valores observados en este estudio coinciden con los reportados en literatura para plantas adultas de cerezo en buenas condiciones hídricas. Es así como Marsal et al. (2010) observó que árboles de cerezo sin restricción hídrica presentaron un Ψ_x que fluctuó entre -0,8 y -1,3 MPa durante la temporada. Sin embargo, el Ψ_x realizado el 25-12-17 (última medición) indicó que los árboles se encontraban en una condición de estrés hídrico. Este estrés fue causado probablemente por una disminución de los riegos en post-cosecha para evitar el exceso de vigor pues valores por debajo -1,5MPa detienen el crecimiento vegetativo de los arboles (Podestá, 2010).

4.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR, por su sigla en inglés).

La Figura 4.2, muestra que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en las tres fechas evaluadas. Durante todo el estudio se observó que los tratamientos T1 y T2 alcanzaron una PAR significativamente menor que el tratamiento control (T0). Sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con cobertor plástico (T1 y T2). Los resultados además muestran que la PAR del tratamiento testigo fue similar en las tres fechas evaluadas, alcanzando valores superiores a $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante todo el estudio. Por otra parte, los tratamientos bajo cubierta también presentaron valores similares durante las tres fechas fluctuando alrededor de los $1100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

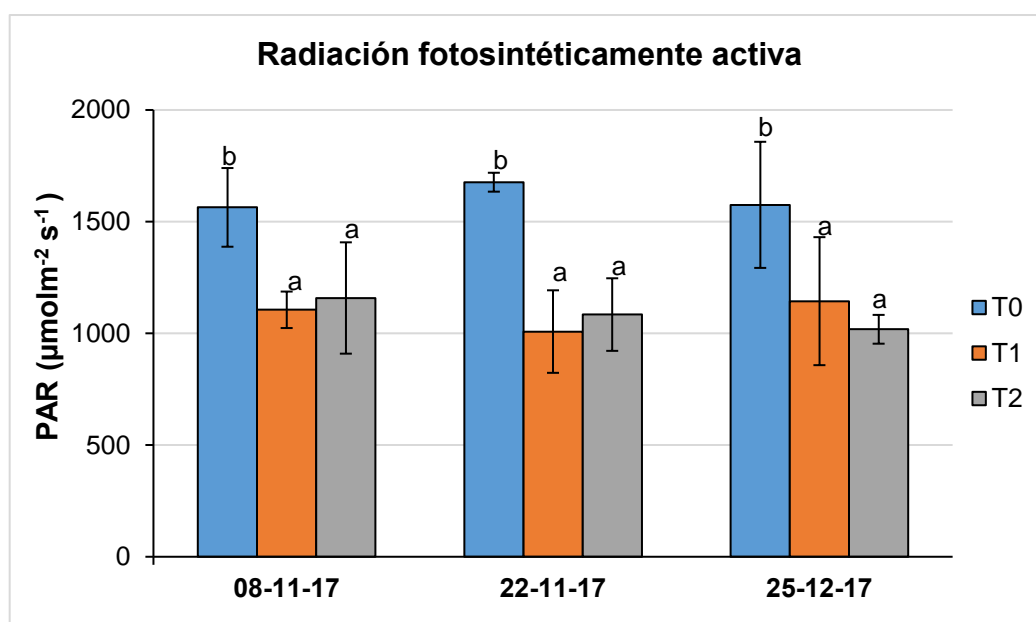


Figura 4.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR) de los tratamientos en las tres fechas evaluadas.

La disminución de la PAR en los tratamientos con cobertor plástico (T1 y T2) fue consistente con estudios reportados por Bastias et al., (2018) quienes observaron una disminución de la PAR que alcanzó un 50% en días soleados y un 30% en días nublados. En este estudio se observó que el cobertor plástico redujo en un 35% la PAR para huertos de cerezos. Por otra parte, los valores de la PAR en los tratamientos con cobertor plástico también fueron similares a los observados por Bastias *et al.*, (2018) quienes midieron alrededor de los $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Otros estudios en cerezos bajo cubiertas plásticas también muestran una reducción del 40% con respecto a la PAR del tratamiento testigo (Wallberg y Sagredo, 2014).

4.3 Asimilación neta (An).

La Figura 4.3, muestra la asimilación neta (An) de los tratamientos durante las tres fechas evaluadas. Durante la primera evaluación (08-11-17) se observó que An fue estadísticamente mayor en los tratamientos con cubierta plástica (T1 y T2) en comparación al tratamiento control. El 22 de noviembre se observa que el tratamiento T2 fue nuevamente estadísticamente superior al tratamiento control, sin embargo, el tratamiento T1 no alcanzó a diferenciarse estadísticamente de T0. Por su parte, el 25 de diciembre no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Durante las dos primeras fechas de evaluación (08 y 22 de noviembre) la asimilación neta alcanzó valores que fluctuaron entre 13 y 18 $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Sin embargo, el 25 de diciembre los valores de An fueron inferiores, alcanzando un nivel de alrededor de 10 $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

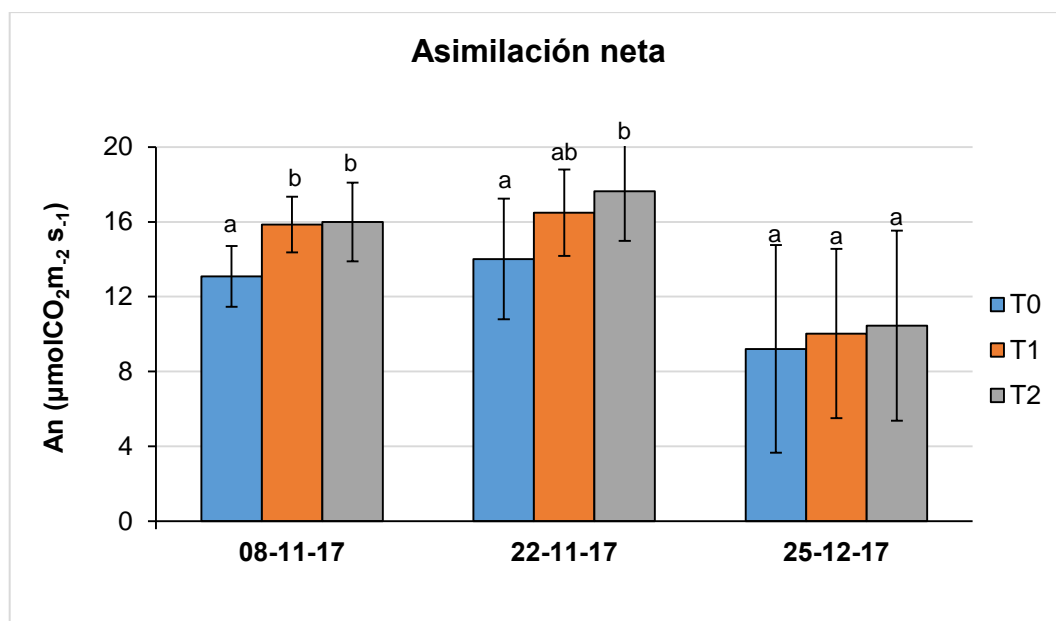


Figura 4.3 Asimilación neta (An) de los tratamientos en las tres fechas evaluadas.

Los resultados observados en este estudio muestran que la disminución de la PAR en los tratamientos con cobertor plástico no afecta la asimilación neta. Esto puede ser explicado por los valores de PAR observados, los cuales fluctuaron alrededor de los 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esto es ratificado por Wallberg y Sagredo (2014) quienes señalan que niveles de luz de 1000-1100 μmol son adecuados para la saturación fotosintética de hojas de cerezo. Según Sotiropoulos et al. (2014) no observo diferencias significativas en asimilación neta y rendimiento de cerezos en condiciones bajo cubierta con respecto al tratamiento testigo. En las dos primeras fechas se observó un efecto positivo de los cobertores plásticos al aumentar la An, lo cual puede ser

explicado porque las cubiertas plásticas alteran la transmitancia de luz tanto en su calidad como en sus longitudes de onda, debido a que a radiación directa se origina en una sola dirección, pero al estar en presencia de cobertores plásticos la radiación difusa aumenta, distribuyéndose de forma más homogénea en la copa del árbol. Varios estudios sugieren que los árboles utilizan la luz difusa más eficientemente que la luz directa, siendo atribuido principalmente a una distribución de luz más uniforme en el árbol. Además, según Li *et al.*, (2014) la mejora en la fotosíntesis de las plantas en luz difusa no solo depende de los efectos directos de una distribución de luz vertical y horizontal más uniforme, sino también de la aclimatación fisiológica y morfológica de los árboles. Con respecto a la disminución en la An en la última evaluación, esta disminución puede ser explicada por la condición de estrés que sufrió el huerto en su totalidad en dicha fecha, la cual queda de manifiesto en los valores de Ψ_x fluctuaron alrededor de los -1,8 MPa.

4.4 Fracción de cobertura (Fc)

La Figura 4.4, presenta la fracción de cobertura a inicios y fines de temporada. A inicios de temporada no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, variando sus valores entre 51 y 57%. A fines de temporada nuevamente no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se observa un aumento en todos los tratamientos, alcanzando valores cercanos al 63%.

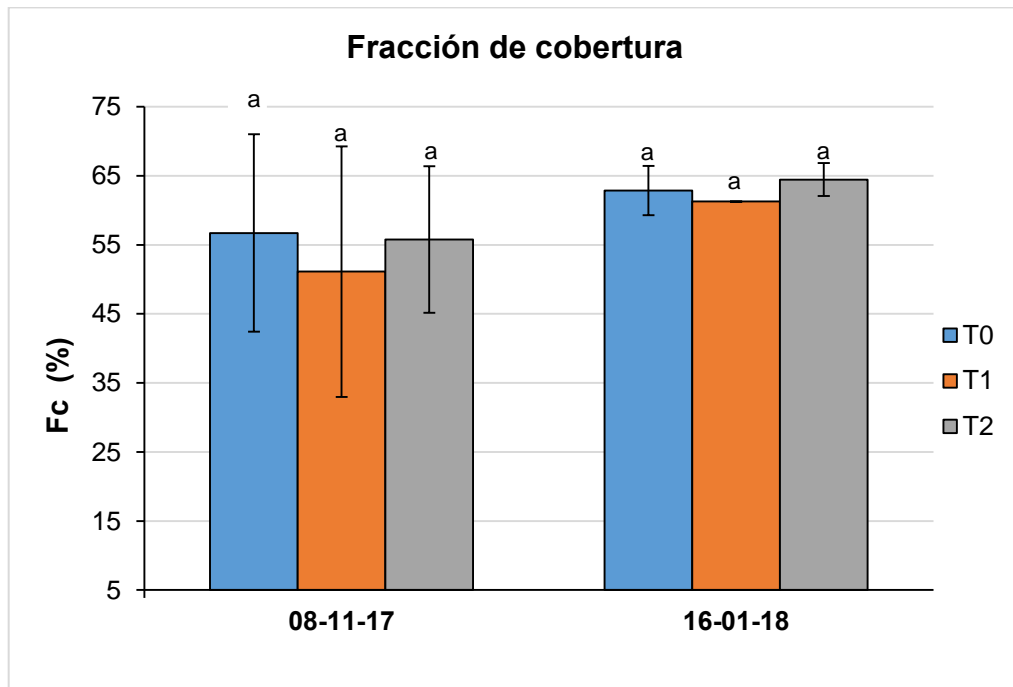


Figura 4.4 Fracción de cobertura (Fc) de los tratamientos a inicios y fines de temporada.

Estos resultados podrían indicar que los cobertores plásticos incrementaron el crecimiento vegetativo de los árboles, pero que la primera evaluación se realizó muy tarde en la temporada, siendo recomendable realizar esta medición a salida de brotación. El incremento de la fracción de cobertura observada en todos los tratamientos durante la temporada corresponde al crecimiento vegetativo esperado en un huerto comercial.

4.5 Índice de área foliar (LAI por su sigla en inglés).

La Figura 4.5 muestra el índice de área foliar a inicios y fines de temporada. A inicios de temporada no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Similares resultados fueron observados a fines de temporada, donde al igual que a sus inicios no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Los valores de índice de área foliar fueron similares en ambas fechas, fluctuando alrededor de $1,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ con una alta variabilidad de los datos.

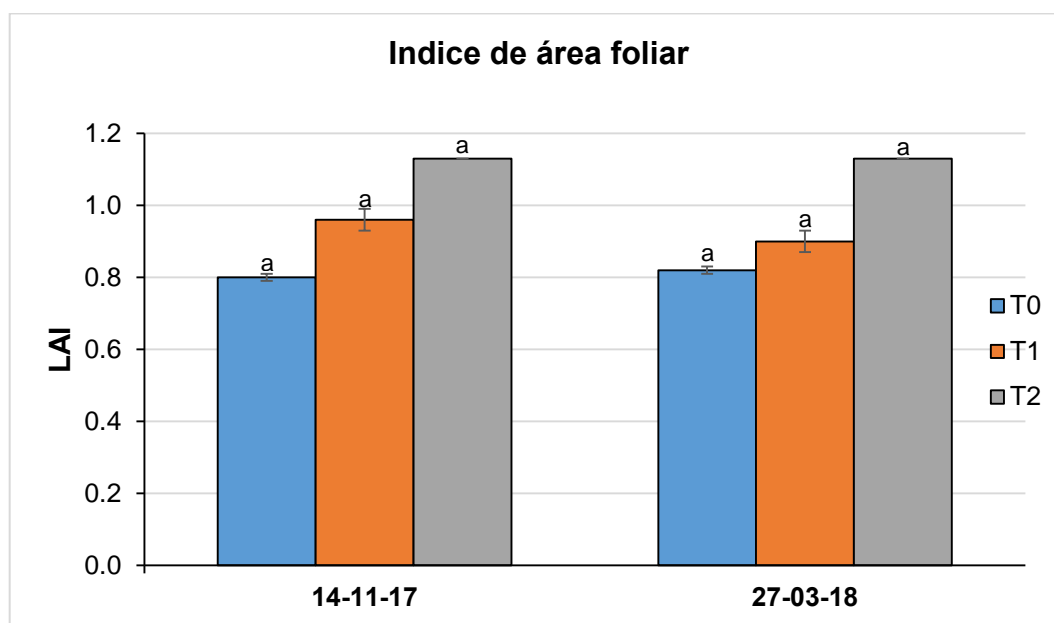


Figura 4.5 Índice de área foliar (LAI) de los tratamientos a inicios y fines de temporada.

Los valores de índice de área foliar muestran que los cobertores plásticos no influyeron significativamente en sus valores. La no presencia de diferencias significativas puede ser explicada por la alta variabilidad de los datos.

4.6 Rendimiento.

En el Cuadro 4.1, se presentan los rendimientos obtenidos en cada tratamiento durante la temporada de estudio. Los resultados muestran que los tratamientos no afectaron significativamente el rendimiento el cual fluctuó entre 11,1 y 12,1 kg de fruta por árbol.

Cuadro 4.1 Rendimiento de los tratamientos durante la temporada 2017-2018.

Tratamientos	Rendimiento (kg pl-1)
T0	11,1 a
T1	14,9 a
T2	12,1 a
<i>Sig. (Valor -p)</i>	<i>0,085</i>

Estos resultados son explicados por el nulo efecto causado por los cobertores plásticos sobre el estado hídrico de los árboles. Por otra parte, el efecto positivo de los cobertores plásticos en la asimilación neta (An) no se vio reflejada en el rendimiento pese a que la An determina la producción de fotoasimilados. Esto último se debe a la precocidad del cerezo, el cual se cosecha tres meses después de su brotación, por ende, los efectos positivos de los cobertores sobre la An no son visibles en la cosecha de esta temporada, pero posiblemente serán reflejados en la próxima cosecha.

5. CONCLUSIONES

A pesar de haber una reducción en la PAR (35%) en condiciones bajo cubiertas plásticas, no hubo limitaciones en la asimilación neta (A_n) del árbol. En definitiva este estudio puede concluir que las cubiertas plásticas no afectan negativamente el comportamiento fisiológico de las plantas de cerezos ni tampoco el crecimiento vegetativo o rendimientos de ellas. Por consiguiente, su instalación y uso es una herramienta tecnológica recomendable de ser utilizada ya que disminuye los riesgos de daños ambientales sin afectar la productividad de las plantas de cerezos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alados, I., & Alados-Arboledas, L. (1999). Direct and diffuse photosynthetically active radiation: measurements and modelling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93(1), 27–38. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(98\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(98)00107-5)
- Balbontín, C., Ayala, H., M. Bastías, R., Tapia, G., Ellena, M., Torres, C., ... Silva, H. (2013). Cracking in sweet cherries: A comprehensive review from a physiological, molecular, and genomic perspective. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(1), 66–72. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000100010>
- Balocco, C., Mercatelli, L., Azzali, N., Meucci, M., & Grazzini, G. (2018). Experimental transmittance of polyethylene films in the solar and infrared wavelengths. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.011>
- Barros, F., & Torres, C. (2017). *Calidad de cerezas y pomáceas producto del cambio climático* (Vol. 4). Recuperado de <http://pomaceas.usalca.cl>
- Bastías, R., & Leyton, M. J. (2018). Producción de cerezos bajo rafia y plástico: Efectos en el microclima, calidad y condición de la fruta, 8–14. Recuperado de [file:///C:/Users/Raúl/Downloads/revista_fruticola_40_2\(2\).pdf](file:///C:/Users/Raúl/Downloads/revista_fruticola_40_2(2).pdf)
- Børve, J., Skaar, E., Sekse, L., Meland, M., & Vangdal, E. (2003). *Rain Protective Covering of Sweet Cherry Trees-Effects of Different Covering Methods on Fruit Quality and Microclimate*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/f92f/741cb954b1b9b5e90e4eb39dc4be00dc0498.pdf>
- Cazanga, R., Leiva, C., von Bennewitz, E., Quiñones, X., Fredes, C., Hernández, J. P., ... Retamal, M. (2012). *Antecedentes técnico y económicos para la producción de cerezo en la Región del Maule*. Recuperado de [file:///C:/Users/Raúl/Downloads/ManualCerezo\(10\).pdf](file:///C:/Users/Raúl/Downloads/ManualCerezo(10).pdf)
- Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A., & Nastou, A. (2002). *Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03044238>
- Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2018). Kiwifruit under plastic covering: impact on fruit quality and on orchard microclimate. *Journal of Food, Nutrition and Agriculture*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.21839/jfna.v1i1.113>
- Cline, J. A., Meland, M., Sekse, L., & Webster, A. D. (1995a). Rain Cracking of Sweet Cherries: II. Influence of Rain Covers and Rootstocks on Cracking and Fruit Quality. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 45(3), 224–230. <https://doi.org/10.1080/09064719509413108>
- Cline, J. A., Meland, M., Sekse, L., & Webster, A. D. (1995b). Rain Cracking of Sweet Cherries: II. Influence of Rain Covers and Rootstocks on Cracking and Fruit Quality. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 45(3), 224–230. <https://doi.org/10.1080/09064719509413108>
- CMNUCC. (1992). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

- CORFO. (1964). *Suelos*. Recuperado de http://www.plataformacaldera.cl/biblioteca/589/articles-66458_documento.pdf
- DIRECON, M. de R. E. (2017). Estudio de Mercado CEREZAS. Recuperado de http://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/pmp_cerezas_hong_kong_2017.pdf
- Donoso, J., Bastías, R., Lemus, G., & Silva, L. (2007). *Crecimiento fenológico del cerezo en tres localidades de la VI Región*. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/rayentue/centrocarozo/Informativo8.pdf>
- Ellena, M. (2006). Cultivo del cerezo para la zona sur de Chile. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33858.pdf>
- Fischer, G., Ramírez, F., & Casierra-Posada, F. (2016). Ecophysiological aspects of fruit crops in the era of climate change. A review, *34*(2), 190–199. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n2.56799>
- Labra, E., Astudillo, O., & Riquelme, J. (2005). *Establecimiento de huertos de cerezos*. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR32851.pdf>
- Lang, G. A. (2014, February 15). Growing sweet cherries under plastic covers and tunnels: Physiological aspects and practical considerations. International Society for Horticultural Science. Recuperado de <https://scholars.opb.msu.edu/en/publications/growing-sweet-cherries-under-plastic-covers-and-tunnels-physiolog-3>
- Li, T., Heuvelink, E., Dueck, T. A., Janse, J., Gort, G., & Marcelis, L. F. M. (2014). Enhancement of crop photosynthesis by diffuse light: quantifying the contributing factors. *Annals of Botany*, *114*(1), 145–156. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu071>
- Marsal, J., Lopez, G., Del Campo, J., Mata, M., Arbones, A., & Girona, J. (2010). Postharvest regulated deficit irrigation in “Summit” sweet cherry: fruit yield and quality in the following season, *28*, 181–189. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0174-z>
- Measham, P.F., Gracie, A. J., Wilson, S. J., & Bound, S. A. (2010). Vascular flow of water induces side cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Adv.Hort.Sci*, *4*, 243–248. Recuperado de file:///C:/Users/Raúl/Downloads/2010_Measham_et_al_Vascularflowofwaterinducesidecrackinginseetcherry_AdvHortSciV24.pdf
- Mills, T., Li, J., & Hossein Behboudian, M. (2009). Physiological Responses of Gold Kiwifruit (*Actinidia Chinensis*) to Reduced Irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, *134* (6), 677–683. Recuperado de <file:///D:/677.full.pdf>
- Muñoz Villagrán, M. (2015). *Cerezas: frutas en expansión Autor: Marcelo Muñoz V. Cerezas-exportaciones-producción-superficie-precios-variedades*. Retrieved from www.odepa.gob.cl
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., ... Lee, D. (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. <https://doi.org/10.2499/0896295370>
- ODEPA. (2018). Boletín de fruta fresca. Marzo de 2018 - ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas

- Agrarias. Retrieved September 12, 2018, from <https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/boletines-del-rubro/boletin-de-fruta-fresca-marzo-de-2018>
- Pachauri, R. K., Meyer, L., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., ... van Boxmeer, F. (2014). *Cambio climático 2014*. Recuperado de <http://www.ipcc.ch>.
- Podestá, A. (2010). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. *Ciencias Agrarias*, 42(1), 73–91. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837646005>
- Quero-García, J., Lezzoni, A., Putawska, J., & Lang, G. (2017). *Cherries (Botany, production and uses)*.
- Santibáñez, F. (2016). *Estudio El cambio climático y los recursos hídricos de Chile - La transición hacia la gestión del agua en los nuevos escenarios climáticos*. Recuperado de www.odepa.gob.cl
- Sekse, L. (1995). Fruit cracking in sweet cherries (*Prunus avium* L.). Some physiological aspects— a mini review. *Scientia Horticulturae*, 63(3–4), 135–141. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00806-5](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00806-5)
- Shackel, K. A., Ahmadi, H., Biasi, W., Buchner, R., Goldhamer, D., Gurusinge, S., ... Yeager, J. (1997). *Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. HortTechnology* (Vol. 7). American Society for Horticultural Science. Recuperado de <https://jmi.e.elsevier.com/en/publications/plant-water-status-as-an-index-of-irrigation-need-in-deciduous-fr>
- Sotiropoulos, T., Petridis, A., Koukourikou-Petridou, M., Koundouras, S., Therios, I., Koutinas, N., ... Pappa, M. (2014). Efficacy of using rain protective plastic films against cracking of four sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars in Greece. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 2(6), 1035–1040. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143270415>
- Soto, P. A. (2017). *Cerezas, análisis de un mercado en expansión y recomendaciones de negocio para un caso aplicado*. Universidad Federico Santa María. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/22532/3560902048830UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Thomidis, T., & Exadktylou, E. (2013). Effect of a plastic rain shield on fruit cracking and cherry diseases in Greek orchards. Recuperado de [file:///C:/Users/Raúl/Downloads/1-s2.0-S0261219413001464-main\(2\).pdf](file:///C:/Users/Raúl/Downloads/1-s2.0-S0261219413001464-main(2).pdf)
- Vañenzuela Sauer, H. A. (2011). *Caracterización del potencial hídrico xilemático a mediodía en diez especies frutales*. Universidad de Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112336/Memoria_Heiny_Valenzuela_Sauer.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wallberg, B. N., & Sagredo, K. X. (2014). Vegetative and reproductive development of “Lapins” sweet cherry trees under rain protective covering. *Acta Horticulturae*, 1058, 411–418. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134231/Vegetative-and-Reproductive-Development1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>