



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EFFECTOS DE MALLA SOMBRA Y CARPA SOBRE
MANZANO (*MALUS DOMESTICA* BORKH) VARIEDAD
SCILATE | ENVY®.**

MEMORIA DE TÍTULO

LUIS ESTEBAN VALDEBENITO PÉREZ

TALCA, CHILE

2020

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.

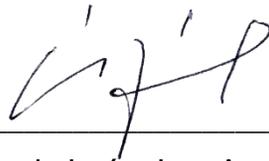


Talca, 2021

Aprobación



José Antonio Yuri Salomón. Ing. Agrónomo, Dr. Profesor Titular



Álvaro Sepúlveda León. Ing. Agrónomo Mg. Sc.

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 12 de mayo 2021

Agradecimientos

Agradezco a todas aquellas personas que formaron parte de mi carrera universitaria, a todos quienes me ayudaron y fueron partícipes de llevar a cabo este estudio. Comenzando por el pilar fundamental, mi familia, que ha ido en aumento con el transcurso de mi carrera, ellos se mantuvieron presentes desde el inicio hasta concluir mi formación como Ingeniero Agrónomo. En particular me es importante destacar a mi madre Gabriela Pérez, que gracias a ella he llegado tan lejos; también mi padre Luis Valdebenito, mi hermano Maximiliano Huerta, mi hijo Alonso Valdebenito, mis tíos José Pérez y Macarena Pérez, mi abuela Olga Paredes y todos los demás que depositaron su confianza en mí y me apoyan en mis metas.

Importante mencionar a la Universidad de Talca y la Facultad de Ciencias Agrarias, junto a todas sus instalaciones que brindaron sus servicios para titularme como Ingeniero Agrónomo. Quedo muy agradecido del profesorado de la institución, destacando a todos los funcionarios del Centro de Pomáceas, en particular al mi profesor guía José Antonio Yuri y su grupo de trabajo: Álvaro Sepúlveda, Mauricio Fuentes, Daniela Simeone y Yudidsa Quinteros. Además, no puedo dejar de mencionar y destacar a otros profesores como Eduardo Fuentes, Mauricio Lolas, Alejandro del Pozo, Samuel Ortega, Yerko Moreno, Sandra Caro y Ricardo Cabezas, quienes también formaron parte importante y dieron dirección a mi formación académica. También dar gracias al fundo el Encino, que facilitó su campo y material vegetal para llevar a cabo el ensayo.

No a mis compañeros con los que pasé la mayor parte de mi carrera, los cuales se convirtieron en muy buenos amigos y colegas. Destaco a mis compadres William Guerrero y Camila Salvatierra, mis amigos Ignacio Muñoz, Carlos Vivallo, Genesis Puebla, Agustín Gaete, Juan Duarte, con los compartimos buenos momentos de estudio, jarana, diversión, fútbol y tantos momentos inolvidables. Por último, no puedo dejar fuera a Patricia Sánchez, la madre de mi hijo, por su apoyo, paciencia y comprensión en cada momento.

Índice de Contenidos

1. Introducción	10
2. Hipótesis	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. Revisión bibliográfica	13
3.1. El Manzano en Chile	13
3.2. Recambio varietal de manzanos (variedades club)	14
3.3. El cambio climático	15
3.4. Uso de plásticos en la agricultura	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1. Diseño experimental	17
4.2. Ensayo I	17
4.2.1. Variables ambientales	18
4.2.1.1. Radiación solar	18
4.2.2. Variables fisiológicas	18
4.2.2.1. Índices Dualex	18
4.2.2.2. Índice SPAD	19
4.2.2.3. Conductancia estomática	19
4.2.2.4. Fotosíntesis	19
4.2.2.5. Potencial hídrico de xilema	19
4.2.2.6. Crecimiento de fruto	19
4.2.3. Variables de la fruta a cosecha	20
4.3. Ensayo II	21
4.3.1. Crecimiento de fruto	21
4.3.2. Cosecha de la fruta	21
5. Resultados y discusión	23
5.1. Ensayo I	23
5.1.1. Radiación solar	23
5.1.2. Variables fisiológicas	24
5.1.3 Crecimiento del fruto	25
5.1.4. Variables de la fruta a cosecha	26
5.1.4.1. Curva de distribución de calibres	26
5.1.4.2. Color de cubrimiento	27
5.1.4.3. Daño por sol	27
5.1.4.4. <i>Russet</i>	28
5.2. Ensayo II	28
5.2.1. Variables climáticas	28
5.2.2. Variables de la fruta a cosecha	29
5.2.3. Crecimiento del fruto	31
5.2.4. Firmeza de frutos	32
6. Conclusiones	33
7. Bibliografía	34

Índice de Tablas

Tabla 3.1.1	Detalle de productos exportados y destinos de la manzana chilena (ODEPA, 2021)	Pág. 13
Tabla 4.2.1	Resumen de variables a medir para el Ensayo 1.	Pág. 18
Tabla 5.1.1	Radiación solar total ($W m^{-2}$), PAR ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) y radiación UV-B ($\mu W cm^{-2}$) bajo malla sombra y aire libre (Testigo) el 15 enero 2020 al mediodía	Pág. 22
Tabla 5.1.2	Estimación del contenido de compuestos en hojas mediante Dualex, potencial hídrico de la planta al mediodía (Ψ_x), conductancia estomática, fotosíntesis y valor SPAD para clorofila del manzano bajo condiciones de malla y aire libre (Testigo), el 15 enero del 2020.	Pág. 24
Tabla 5.1.3	Peso (g), color de cubrimiento (%), porcentaje de incidencia del daño por sol, y diferentes tipos de <i>russet</i> (C, T y S) a la cosecha.	Pág. 26
Tabla 5.2.1	Promedios de la temperatura ($^{\circ}C$) y HR (%) media, máxima y mínimas diarias; horas con humedad relativa sobre 95% y GDH, entre el 15 de septiembre y el 15 de octubre de 2019, con carpa y al aire libre (Testigo).	Pág. 29
Tabla 5.2.2	Peso (g), color de cubrimiento (%), porcentaje de incidencia de daño por sol y <i>russet</i> (C, T, S). La muestra corresponde al momento de la cosecha.	Pág. 29

Índice de Figuras

Figura 3.1.1	Fluctuación de precios en USD/kg exportados durante las temporadas 2019/20 y 2020/21 (ODEPA, 2021)	Pág 14
Figura 4.2.1	Tabla específica de las categorías y severidades del russet incidente en el cultivar de manzana Envy® (Tapia, 2020)	Pág 20
Figura 5.1.1	Curvas de crecimiento sigmoidea simple ajustada al diámetro ecuatorial de manzanas Envy® creciendo bajo malla y al aire libre (Testigo) durante la temporada 2019/20.	Pág 25
Figura 5.1.2	Distribución de calibres para manzanas Envy® a cosecha, creciendo bajo malla y al aire libre (Testigo), durante la temporada 2019/20	Pág 26
Figura 5.1.3.	Número de frutos por categoría de color de manzanas Envy a cosecha de árboles con uso de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo). Temporada 2019/20.	Pág 27
Figura 5.1.4.	Severidad del daño por sol (%) en manzanas Envy® al momento de la cosecha, creciendo bajo condiciones de malla y aire libre (Testigo). Donde: Sanas corresponde a fruta sin daño por sol; D.S.L a los frutos con daño por sol leve; D.S.S a los frutos con daño por sol severo.	Pág 27
Figura 5.1.5	Gráfico de caja y bigotes de la severidad del <i>russet</i> tipo T en escala del 1 a 6, siendo 1 el más leve y 6 más severo, de manzanas Envy® a cosecha de árboles creciendo bajo malla y al aire libre (Testigo), temporada 2019/20.	Pág 28
Figura 5.2.1	Variación diaria de la temperatura (°C) y HR (%) en sectores con y sin carpa(testigo) a 1,5m de altura. Sagrada Familia 2 de octubre de 2019.	Pág 29
Figura 5.2.2	Distribución de calibres para manzanas Envy a cosecha, con carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo), durante la temporada 2019/20.	Pág 30
Figura 5.2.3	Número de frutos por categoría de color de manzanas Envy® a cosecha de árboles con uso de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo). Temporada 2019/20	Pág 30
Figura 5.2.4	Gráfico de caja y bigotes de la severidad del russet tipo T en escala del 1 a 6, siendo 1 el más leve y 6 más severo, de manzanas Envy a cosecha de árboles con uso de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo), temporada 2019/20.	Pág 31
Figura 5.2.5	Curvas de crecimiento sigmoidea simple ajustada al diámetro ecuatorial de manzanas Envy de árboles con carpa hasta 45 DDPF y al aire libre (Testigo) durante la temporada 2019/20.	Pág 31
Figura 5.2.6	Curvas de firmeza de pulpa de manzanas Envy con uso de condiciones de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo), desde cosecha con almacenaje en frío convencional.	Pág 32

ABSTRAC

The use of roof-type covers in agriculture has become a tool to mitigate adverse environmental conditions. Some of these are shade, photo-selective or anti-hail nets and anti-rain covers. The use of shade net has become recurrent in the apple production worldwide. It's main purpose being physical protection to avoid hail damage and become useful to reduce solar radiation excess that affects the plant, in places of high luminosity. With the prolonged use of covers, differences in the production, quality and condition of the apples began to be observed. Two assays were carried out with different kind of cover; In Trial I, a shade net was used from crop load adjustment until one month before harvest time; in Test II a plastic soild cover was used from bloom to 45 days after full bloom (DAFB).

The shade net modified incident solar radiation, reducing Total, PAR and UV-B by 18%, 19% and 23%, respectively. This decrease was reflected in some physiological variables, such as chlorophyll content of leaves. The indices, measured with Dualex and SPAD, showed a statistically difference (p-value <0.05) for the content of Chlorophyll, Anthocyanins, NBI and SPAD value. Furthermore, no statistical differences were found for photosynthesis, stem water potential, stomatal conductance, and flavonoids content. In the fruits, trends showed lower sun damage with the use of shade net, but red color reduced. Also, the Russet T type was increased by shade net use.

Plastic solid cover from flowering up to 45 DAFB favored fruit size. Also, a higher Russet T type incidence was observed (93.3%), and a lower flesh firmness at harvest and after cold storage, in apples that grew on trees under cover.

The covers help to mitigate climatic stress, protecting trees and fruits from extreme events, and to reduce thermal stress (shade net), although with side effects such as lack of color and increased russet, especially in sensitive cultivars such as Envy®

RESUMEN

El uso de cubiertas tipo techo en la agricultura se ha convertido en una herramienta para mitigar condiciones ambientales adversas. Algunos de estos son las mallas sombra, foto-selectivas o antigranizo y carpas antilluvia. El uso de malla sombra se ha vuelto más recurrente en la producción de manzanos, llegando a extenderse por distintos lugares del mundo. Originalmente, su propósito principal era la protección física para mitigar el daño por granizo y reducir el exceso de radiación solar que incide sobre la planta, en lugares de alta luminosidad. Con el uso prolongado de mallas o carpas se comenzaron a observar diferencias en la producción, calidad y condición de las manzanas. Dado esto se realizaron dos ensayos con diferentes techos; en el Ensayo I se usó una malla sombra desde el ajuste de carga hasta un mes antes de cosecha; en el Ensayo II se utilizó una carpa rafia desde floración hasta 45 días después de plena flor (DDPF).

La malla modificó la radiación incidente, reduciendo la Total, PAR y UV-B en un 18%, 19% y 23%, respectivamente. Esta disminución se vio reflejada en algunas variables fisiológicas, como el contenido de clorofila de las hojas. Los índices, medidos con Dualex y SPAD, mostraron diferencias estadísticas (valor $p < 0,05$) en el contenido de Clorofila, Antocianinas, NBI y valor SPAD. Además, no se encontraron diferencias estadísticas para las variables: fotosíntesis, potencial hídrico de la planta, conductancia estomática y contenido de flavonoides. En la fruta, la tendencia mostró menor daño por sol con el uso de malla sombra, pero el color de cubrimiento se vio reducido. Además, el Russet T aumentó por el uso de malla.

La utilización de carpa tipo rafia a partir de floración hasta los 45 DDPF favoreció el tamaño del fruto. También, se observó una mayor incidencia del Russet tipo T, con un 93,3% y una menor firmeza de pulpa a cosecha y después de almacenaje, en las manzanas que crecieron en árboles bajo Carpa.

Las cubiertas ayudan a mitigar el estrés climático, protegiendo los árboles y frutos de eventos extremos y también disminuyendo el estrés térmico (malla sombra), aunque con efectos secundarios como la falta de color y aumento de russet, sobre todo en cultivares sensibles como Envy®.

1. INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los principales productores frutícolas del hemisferio sur. En el año 2019 la superficie frutícola total del país se cuantificó en 342.670 ha, donde destacan uva de mesa, palto, cerezos y también el manzano. Este último tiene una superficie plantada de 26.700 ha de manzanos rojos y 5.600 de verdes (Villagran, 2019).

El manzano (*Malus domestica* Borkh) es un frutal de hoja caduca, originario del centro de Asia y se cultiva en muchos países del mundo por el alto valor nutritivo y las destacadas características organolépticas de su fruto. Por ello, llegó a convertirse en uno de los alimentos más importantes a nivel mundial, ya que es un frutal altamente productivo y su riqueza genética ha permitido un cultivo de gran calidad en diferentes condiciones ambientales. (Yuri et. al., 2014).

La manzana, es un pomo, que dependiendo del cultivar será de color rojo, verde, amarillo o bicolor (Ayala & Calle, 2016). En Chile se producen algunas de las principales variedades de manzanas a nivel mundial, entre las que destacan Gala, Fuji, Granny Smith, Red Delicious y Cripp's Pink.

El recambio varietal ha adquirido especial atención en la producción mundial de manzanas. La renovación de cultivares tradicionales ha sido gracias a nuevos clones, en los que se ha promovido la mejora de características, principalmente el color de cubrimiento. En el caso de nuevos cultivares, el nuevo material es protegido y se comercializa con un modelo de negocios asociado a su venta. El cambio de paradigma ocurrió con Pink Lady y su original modelo de comercialización tipo club. Así, se limita la oferta del nuevo cultivar, con lo que se busca mantener un alto precio de venta y evitar la sobreoferta, y se potencia el mercado manzanero (Pizarro, 2017).

El principal objetivo de la innovación varietal ha sido mejorar la calidad gustativa. Sin embargo, en este camino los nuevos cultivares no siempre han funcionado desde el punto de vista agronómico para el sector manzanero nacional, por lo que se han tenido que ajustar su manejo para maximizar su rentabilidad. Las nuevas variedades tipo club son cultivadas en diferentes lugares del mundo, pero esto no garantiza que en el país introducido mantenga los mismos resultados que en su origen, en vista que las condiciones locales son diferentes (Blanke, 2018).

Scilicate (marca comercial: Envy®) es una variedad que se originó del cruzamiento entre Royal Gala y Braeburn, y presenta cualidades organolépticas muy destacadas como su alto dulzor y crocancia. Envy® es una de las variedades club más exitosas en la actualidad, pero la producción en Chile ha tenido algunos inconvenientes propios del cultivar, como falta de color, alta incidencia de daño por sol y *russet*, entre otros (Iglesias et al., 2016).

Además, no hay que dejar de lado las dificultades que se presentan por el nuevo escenario climático que está afectando a nivel mundial. El clima es esencial para la producción de fruta de calidad y en los últimos años se han intensificado factores abióticos que afectan el crecimiento y producción de la fruta. Entre los cambios en el clima que afectan al frutal, predominan las temperaturas extremas, alta radiación solar, reducción de humedad relativa y lluvias (Gil, 2012).

El uso de cobertores plásticos sobre la copa de los árboles es una de las técnicas que están tomando fuerza para enfrentar el cambio climático. Estructuras como techos plásticos (rafia) o mallas sombras (monofilamento) tienen efectos a nivel de la fruta y la fisiología de las plantas, siendo uno de los principales beneficios la reducción de daño por sol (Mupambi et al., 2019). También se ha reportado una leve disminución del rameado o *russet* (Raffo et al., 2019). Sin embargo, se han observado otros efectos colaterales en los frutos como la falta de color rojo (Blanke, 2018).

Mientras la luz es responsable del crecimiento de la planta y del fruto, la excesiva radiación solar en verano puede inducir fotoinhibición y daño, tanto de la hoja como del fruto (Blanke, 2018). Por ello es importante investigar los efectos que tiene el uso de cubiertas en la producción de frutales, en especial en variedades nuevas. Dado esto, se plantearon dos ensayos relacionados con la modificación de las condiciones climáticas utilizando coberturas en la producción de manzanas Envy®. El primer ensayo fue el uso de malla sombra durante todo el crecimiento del fruto, en tanto el segundo correspondió al uso de cobertura plástica (rafia) entre floración hasta inmediatamente después del ajuste de carga.

1. Hipotesis.

El microclima que proporciona la malla sombra y la carpa (rafia) incide en la fisiología del árbol y promueve el crecimiento y calidad de las manzanas var. Scilate|Envy®.

1.1. Objetivo general.

Evaluar el comportamiento fisiológico del manzano (*Malus domestica* Borkh) cv, Scilate|Envy® y la calidad de la fruta producida bajo malla sombra y carpa.

1.2. Objetivos específicos.

Determinar las condiciones micro-climáticas que produce la cobertura con malla sombra al manzano.

Cuantificar variables fisiológicas y crecimiento de los manzanos sometidos a las condiciones micro-climáticas que proporciona la malla sombra.

Determinar la calidad y condición de la fruta a cosecha y postcosecha, que crecieron bajo malla sombra (toda la temporada) y carpa (desde floración hasta el ajuste de frutos).

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.1. El Manzano en Chile.

El manzano (*Malus domestica* Bork) pertenece a la familia de las rosáceas. Su fruto corresponde a un pomo (Gil, 2012), con un alto contenido de antioxidantes (1.200-5.500 ORAC), mayoritariamente ubicado en la piel de la fruta (Yuri et al., 2014).

La superficie frutícola tiene una gran importancia a nivel económico en Chile, ya que, contribuye aproximadamente un 39,2% del PIB sectorial agrícola y un 34% de las exportaciones silvoagropecuarias (ODEPA, 2019). Según el catastro frutícola actualizado al año 2020, actualmente la superficie frutícola chilena es de 342.600 ha, destacando la vid de mesa con 45.489 ha, nogal con 43.328 ha, cerezo 39.645 ha, palto con 30.143 ha y el manzano con 32.300 ha. Este es cultivado desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Los Lagos, se posiciona en el quinto lugar dentro de las especies frutícolas nacional, con 26.700 ha de manzano rojo y 5.600 ha de manzano verde. La Región del Maule es la principal protagonista a nivel nacional con un 60.6% de la superficie total, equivalente a 19.600 ha (ODEPA & CIREN, 2020).

La industria manzanera se ha visto muy afectada en los últimos años con una notoria baja en las exportaciones de fruta fresca. En el año 2013 se exportaron 833.000 ton y en el año 2019 se exportaron 660.000 ton, tanto de manzana fresca, conservas, Jugos y deshidratadas. Los destinos más importantes de la fruta son dentro de América, de los cuales destaca Estados Unidos de Norteamérica con un 20,15% y Colombia con 12,67% entre otros (Tabla 3.1.1).

Tabla 3.1.1. Detalle de productos exportados y destinos de la manzana chilena (ODEPA, 2021)

<u>Producto</u>	<u>Ton Exportadas</u>	<u>Destino</u>	<u>% Exportado</u>
Fresco	660.011	Estados unidos	20,15
Conservas	69.526	Colombia	12,67
Jugos	42.291	Ecuador	8,89
Deshidratada	4.369	Arabia saudita	8,69
<u>Total</u>	<u>776.197</u>	Brasil	8,04
		Holanda	7,44
		Perú	7,03
		<u>Otros</u>	<u>27,09</u>

El precio exportación de la manzana ha fluctuado en las últimas dos temporadas desde 1,6 USD/Kg en mayo del 2019, hasta los 0,7 USD/Kg en febrero-2020. También, es importante mencionar que el precio actual a marzo del 2021 es de 0,7 USD/Kg (Figura 3.1.1).

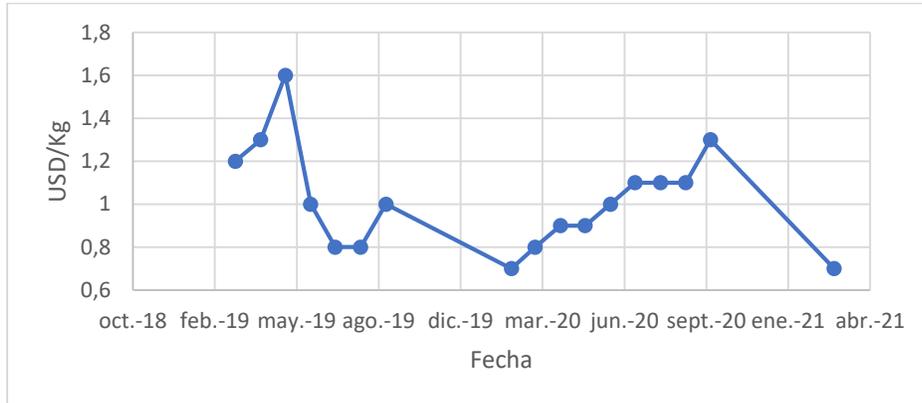


Figura 3.1.1. Fluctuación de precios en USD/kg exportados durante las temporadas 2019/20 y 2020/21 (ODEPA, 2021)

3.2. Recambio varietal de manzanos y variedades club.

En el último tiempo la competencia a nivel mundial va en aumento a causa de que los estándares de calidad de los países de destino de la fruta chilena (importadores) son cada vez más estrictos. El mejoramiento genético ha abierto un nuevo mundo para la industria manzanera nacional, con variedades nuevas de programas de mejoramiento internacionales, como las marcas comerciales: Jazz, Envy®, Ambrosia, Kanzi, Opal, Rosy Glow, Lady in Red, Honeycrisp, Brookfield o Kiku. Dejando atrás a los *commodities* como Royal Gala, Fuji, y casi extinguiendo la producción de Red Delicious (Bustamante, 2019).

Scilate|Envy® es una variedad resultante de un proyecto de mejoramiento genético neozelandés que consistió en el cruzamiento entre las variedades Gala y Braeburn. Envy® destaca entre las variedades manejadas de forma club establecidas. En el año 2010 se plantaron las primeras hectáreas como prueba en El Maule y La Araucanía, para caracterizar el comportamiento de la variedad en distintas regiones de Chile. Al 2016 ya habían alrededor de 100 ha productivas con buenos resultados en la exportación (Portalfruticola, 2016).

Las variedades club pagan un royalty por su propagación y exportación. Esto consiste en un pago de impuestos por planta existente durante la vida útil del cultivar. Inicialmente se debe pagar

1 centavo por planta al salir del vivero, luego los primeros 6 años poco productivos (desde el año 4 al 10) 20 centavos por árbol y en los años de plena producción (desde el año 11 al 20) se cobra 30 centavos por cada árbol (Brown & Maloney, 2018).

3.3. El cambio climático.

Según el Panel intergubernamental sobre Cambio Climático (abreviado IPCC por su sigla en inglés) afirma que, el calentamiento global se relaciona con el aumento tanto de las temperaturas de la atmósfera, el nivel de los océanos y la mayor concentración de gases efecto invernadero (GEI) como el CO₂ (Siendo el alza más grande históricamente registrada entre el año 2000 y 2010). Se afirma con un 95% de certeza que la principal causa del calentamiento global es la actividad humana (IPCC, 2014).

El incremento de la temperatura es la principal consecuencia de la acumulación de GEI, por lo que la temperatura media aumentó entre los 0,8 a 2 °C, provocando esto un desorden en los ecosistemas y el recurso hídrico también se ve afectado por el cambio climático motivo de la baja pluviometría y el progresivo aumento de la sequía. (Santibáñez, 2016).

Un factor muy importante dentro del cambio climático es el aumento de radiación solar. Esto afecta directamente a las plantas, ya que, la radiación solar está directamente ligada a la producción frutícola; la planta usa la energía solar y a través de los cloroplastos fotosintetiza y genera biomasa (Carrasco-Ríos, 2009; Garreaud, 2011).

3.4. Uso de plásticos en la agricultura.

El uso de plásticos en la agricultura o también conocido como Agroplasticultura se ha implementado por diferentes motivos, el principal objetivo es la producción a contra estación de plantas mediante el uso de invernaderos. También se puede utilizar como *mulch* (cubierta plástica en el suelo) para el control de malezas y disminución de la evapotranspiración. Por otro lado, se usa malla para el control de granizo, de plagas, así como malla sombra para controlar la luz en los cultivos y así disminuye el daño por fotoinhibición (Acuña & John, 2009).

El uso de malla en los huertos de manzanos es una herramienta implementada en un principio para la prevención de eventos climáticos que puedan provocar daños físicos como granizos,

radiación solar excesiva y aves. Luego de esto, las mallas comenzaron a usarse con otros objetivos como para controlar daño por sol (Mupambi et al., 2019). El sombreado que podría proporcionar una malla condiciona el ambiente como si fuera un día nublado; se ha reportado que una malla sombra negra de 18% redujo en un 12% la radiación fotosintéticamente activa (PAR, por su sigla en inglés) y en un 30% la radiación UV, sin embargo, aporta menos la luz difusa que mallas de otro color como gris o blancas (Arthurs et al., 2013; Bastías, et al., 2015; Raffo et al., 2019). Entonces el efecto que tendrá la malla dependerá del material, porcentaje de trama, color, estructura de instalación y momento de despliegue (Bastías, 2016; Blanke, 2018).

Además de la luz, las mallas de sombra pueden modificar variables ambientales como la temperatura (T°), la velocidad del viento y la humedad relativa (HR) en el interior del dosel de las plantas. El microclima que conceden las mallas negras es considerablemente más frío en comparación con la T° ambiente (Arthurs, et al., 2013).

La diversidad de colores y tejidos de la malla dado que la radiación solar que transmitirá variará en comparación con una planta en condiciones normales. Ello, principalmente afecta procesos fisiológicos de las plantas como la conductancia estomática, estado hídrico y disminución de la capacidad fotosintética, afectando el crecimiento y desarrollo de los árboles (Bastías et al., 2011; Mupambi et al., 2019).

Otro beneficio que otorga el uso de mallas de colores como rojo y perla es la disminución en la brecha de pérdidas por descarte que tienen las exportaciones por frutos dañados con golpe de sol, producto del exceso de radiación solar y altas temperaturas que se han registrado en los últimos años, causando un gran problema para los huertos de manzanos en Chile (IPCC, 2014; Umanzor et al., 2017).

La fotosíntesis es un proceso metabólico mediante el cual se sintetizan sustancias orgánicas a través de la clorofila que usa como fuente de energía la luz, dióxido de carbono (CO_2) y agua (RAE, 2019). La fotosíntesis neta de los árboles de manzanos se ve directamente afectada con los cambios climáticos, pero la tendencia de reducción de fotosíntesis no es muy marcada en los árboles que están bajo malla sombra (Arthurs et al., 2013).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Diseño experimental.

Este estudio se llevó a cabo en un huerto de manzanos del Fundo El Encino, propiedad de Frutícola El Aromo (ubicación geográfica: -35.5° L.S; -71.4° L.O.; 200 m.s.n.m.), ubicado en la Comuna de San Clemente, Región del Maule. Esta zona tiene un clima templado frío con lluvias invernales y su suelo corresponde de la serie San Clemente, la cual deriva de conglomerados con textura media a pesada y altos contenidos de materia orgánica (CIREN, 2015).

El cultivar de estudio fue Scilate|Envy®. El huerto fue establecido en 2012 en un sistema de conducción en eje central, con una altura de 3 metros, riego por aspersión, y manejo convencional, porta injerto M9, marco de plantación 3,5 mts de entre hilera y 1,2 mts sobre hilera.

Se instalaron dos cubiertas plásticas (malla y carpa), ambas instaladas en diferentes sectores y abiertas en distintos momentos durante la temporada 2019/20. En adelante el estudio se dividirá en dos: Ensayo I, que consistió en la utilización de malla sombra de tipo monofilamento color gris con un 18% de trama; y el Ensayo II, que fue la utilización de una carpa tipo rafia.

4.2. Ensayo I

Éste se realizó para evaluar el efecto de la malla sombra, por lo que los tratamientos fueron: Malla(T1) y Testigo al aire libre (T2). La malla utilizada correspondió una de tipo monofilamento, color gris, con hilos de polietileno de alta densidad entrelazados paralelos de colores blancos y negros, para así lograr un efecto tipo sombra sobre las plantas (Blanke, 2018). La apertura de esta malla fue a mediados de noviembre después del ajuste de carga, y antes de que las temperaturas comenzaran a aumentar, con el fin de evitar un estrés térmico en las plantas. El retiro de las mallas fue el día 10 de marzo del 2020 y dentro de la misma semana se implementó un reflectante del tipo Extenday para aumentar el color de cubrimiento. La cosecha fue el 6 de abril de 2020.

Las variables que se evaluaron en Ensayo I, se agruparon en: ambientales, fisiológicas, y variables de la fruta a cosecha las que se detallan en la **Tabla 4.2.1**.

Tabla 4.2.1. Resumen de variables a medir para el Ensayo I.

Ambientales	Radiación total ($W m^{-2}$)
	Radiación UV-B ($\mu W cm^{-2}$)
	PAR ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$)
Fisiológicas	DUALEX
	Clorofila
	Flavonoides
	Antocianinas
	NBI
Fisiológicas	SPAD
	Conductancia estomática ($mmol m^{-2}s^{-1}$)
	Fotosíntesis ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$)
	Crecimiento de fruto (diámetro: mm)
	Potencial hídrico (Mpa)
Variables de la fruta a cosecha	Daño por sol
	Russet (Tipos C, T y S)
	Peso (g)
	Curva de calibre

4.2.1. Variables ambientales.

4.2.1.1. Radiación solar.

Por cada tratamiento malla y testigo, se evaluaron tres tipos diferentes de radiación solar: Total (RT), Fotosintéticamente Activa (PAR) y Ultravioleta (UV-B). Para cada tipo de radiación se hicieron tres repeticiones entre las 13:30 y 14:30 h, medidos con diferentes sensores:

- RT con un piranómetro LI-200sz (LI-COR Inc. USA).
- PAR con un sensor Quantum LI190sz (LI-COR Inc., USA).
- UV-B con un radiómetro UV-B, modelo PMA2102 (Solar Light Co., USA).

4.2.2. Variables fisiológicas.

4.2.2.1. Índices Dualex.

Dualex (Force-A, Francia), es un medidor portátil de la clorofila y polifenoles en las hojas de las plantas. Se eligieron 5 árboles de tamaño y carga similares, representativos en una hilera cubierta con la malla y 5 árboles en una hilera al aire libre, como testigo. Para cada árbol se midieron cuatro hojas expuestas, teniendo en total un tamaño de muestra de 20 hojas por tratamiento. La medición con Dualex entrega como resultado el contenido de clorofila (Chl), flavonoides (Flav), antocianinas (Ant) y un índice de balance de nitrógeno (NBI), este último derivado de la cantidad de clorofila que presenta la muestra (Montenegro, 2020).

4.2.2.2. Índice SPAD.

El índice cuantificador de clorofila en unidades SPAD fue obtenido mediante el instrumento SPAD-502 PLUS (Minolta, Japón). Para la toma de muestras se eligieron 5 árboles por tratamiento y de cada uno se midieron tres hojas, siempre de dardos con frutos y en la zona intermedia de los árboles, expuestas al sol.

4.2.2.3. Conductancia estomática.

La conductancia estomática fue medida con un porómetro SC-1 (Decagon Devices, USA), Para la toma de la muestra se eligieron 12 árboles representativos por cada tratamiento y a cada uno de estos se midió la conductancia en una hoja expuesta. Las determinaciones se hicieron entre las 15:00 y 16:00 horas del 15 de enero del 2020.

4.2.2.4. Fotosíntesis.

La fotosíntesis fue medida con el equipo analizador de gases LCpro (ADC Biocientific Ltd, UK). La muestra fue de 10 árboles por tratamiento, midiendo una hoja expuesta de dardos con fruta. Las determinaciones se hicieron entre las 10:00 y 13:00 horas del 15 de enero del 2020.

4.2.2.5. Potencial hídrico de xilema.

La medición del estado hídrico de la planta fue realizada en una hoja de 12 árboles por cada tratamiento. Se utilizó una cámara de presión Scholander y cada valor se registró en MPa. Para la medición se ambientaron las hojas por dos horas con bolsas recubiertas de papel aluminio para inducir el cierre estomático, provocando así que el potencial hídrico de esta hoja se iguale al potencial hídrico de la rama en la que está inserta (Ortega, 2012). Las mediciones se realizaron al mediodía.

4.2.2.6. Crecimiento de fruto.

Para esta variable se marcaron 30 frutos por tratamiento el 15 de noviembre del 2019. Se realizaron siete mediciones del diámetro ecuatorial, utilizando un calibrador de zuncho, en las fechas del 15 nov; 28-nov; 13-dic; 15-ene; 13-feb; 12-mar y 06-abr. Los datos se analizaron

ajustando una curva sigmoidea simple, característica de esta fruta, para así poder comparar los tratamientos.

4.2.3. Variables de la fruta a cosecha.

Para las evaluaciones a cosecha se recolectaron 3 cajas de 28 kg c/u (aproximadamente) por cada tratamiento, con manzanas recolectadas de distintos árboles de la hilera, el 06 de abril del 2020. En cosecha se realizaron mediciones de peso (g), color de cubrimiento y defectos (daño por sol, *russet*), para lo cual se consideraron 5 repeticiones de 30 frutos, quedando un tamaño muestral de 150 frutos por tratamiento.

El peso de fruto se obtuvo con una balanza digital. Los cuales se agruparon por calibre, categorizando cada uno mediante una tabla de calibres para manzanas.

El color de cubrimiento fue registrado como porcentaje, cuantificados en cada categoría de color, según su porcentaje de cubrimiento: <50%, entre 50-75% y >75%.

La Incidencia del daño por sol fue expresado en % y la severidad categorizando los frutos como daño severo, leve o sano.

La incidencia y severidad del *russet* fue analizada según la tabla para cultivar Envy® (Figura 4.2.1.), la cual especifica el tipo de *russet* y las zonas de la fruta en que se puede desarrollar.

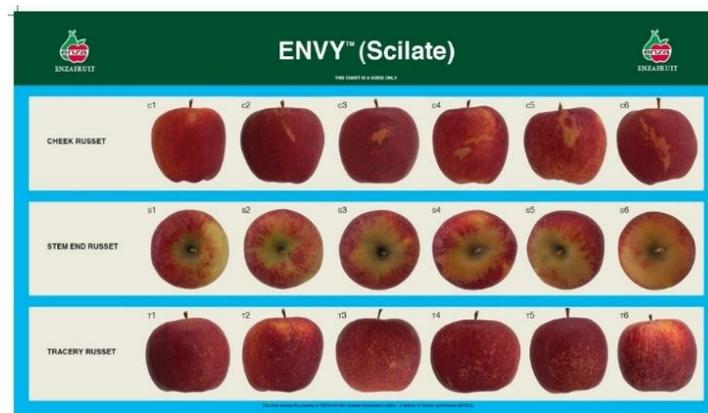


Figura 4.2.1. Tabla específica de las categorías y severidades del russet incidente en el cultivar de manzana Envy® (Tapia, 2020).

4.3. Ensayo II.

Este ensayo correspondió al uso de una carpa de rafia utilizada como techo en los manzanos. Los tratamientos fueron: Carpa(T1) y Testigo al aire libre(T2). La cubierta se extendió desde la floración hasta el ajuste de carga, siendo retirada el 15 de noviembre de 2019, a los 45 días después de plena flor (DDPF). Esta carpa fue de polietileno de alta densidad, transparente, instalada a dos aguas, con estructura de madera y a una altura aproximada de 4,0 metros. Las variables medidas en este experimento se indican a continuación y fueron evaluadas en la cosecha. Además, se midió el crecimiento del fruto durante la temporada.

4.3.1. Crecimiento de fruto.

Al igual que en el ensayo I, se eligieron 30 frutos por cada tratamiento para así tener el seguimiento del mismo fruto por toda la temporada. Los frutos fueron marcados el día 15 de noviembre del 2019 y retirados al momento de la cosecha, el 06 de abril de 2020. Luego de procesados los datos, se ajustó una curva de crecimiento sigmoidea simple.

4.3.2. Cosecha de la fruta.

Para las evaluaciones a cosecha y postcosecha se recolectaron 3 cajas de aprox. 28 kg c/u por cada tratamiento, con manzanas recolectadas de distintos árboles de la hilera. La fruta fue trasladada al Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, donde se analizaron 5 repeticiones de 30 frutos, con un total de 150 frutos por tratamiento para las variables no destructivas: *russet*, daño por sol, peso y color de cubrimiento. Luego se guardaron en cámaras de frío convencional a una T° de 0 - 1°C y HR de 85% por un periodo de 90 días.

Con una balanza digital se midió el peso de cada fruto. Los 150 frutos evaluados se separaron por calibres, es decir, se categorizó la fruta según el calibre al que correspondió su peso.

El color de cubrimiento fue registrado como porcentaje. Luego los frutos fueron cuantificados en cada categoría de color, según su % de cubrimiento: <50%, entre 50-75% y >75%.

Al igual que en el Ensayo I, en este se evaluó la incidencia y severidad del russet y daño por sol de 150 frutos cosechados por tratamiento. Para su análisis estadístico se separaron en 5

repeticiones de 30 frutos cada una. En la variable *russet* se tomó como referencia la tabla para las manzanas cultivar Envy® (Figura 4.2.1.). El daño por sol se analizó según su incidencia y severidad en las categorías sano, leve (L), severo (S).

La firmeza de pulpa de los frutos se midió con un FTA (Fruit Texture Analyzer) GS14 (Güss, Sudáfrica). Se midieron 15 frutos a cosecha y cada mes en almacenaje en frío convencional.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Ensayo I.

5.1.1. Radiación solar.

Los diferentes tipos de radiación solar se vieron afectados por el uso de malla (**Tabla 5.1.1.**) la que disminuyó la radiación total (RT) en un 18,4%, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en un 19,4% y la ultravioleta B (UV-B) en un 22,6%.

Según Raffo et al. (2019), el uso de malla antigranizo afecta diferencialmente la radiación solar, modificando la intensidad de luz que incide sobre el dosel a distintas longitudes de onda. La PAR se reduce entre un 8 a 25%, la cual es utilizada en la fotosíntesis para la producción de carbohidratos.

En la **Tabla 5.1.1.** se puede comprobar que la PAR medida al mediodía se vio reducida por el uso de malla sombra en 19,4. Sin embargo, está alcanzó valores de PAR por sobre el punto de saturación de las hojas, lo que indica que no se vería afectada la fotosíntesis (Blanke et al., 2017). También hay que considerar que, al modificarse la transmisión espectral de la luz, hay un efecto en los fotorreceptores de las plantas (fitocromos y criptocromos), los cuales están encargados de las regulaciones de su crecimiento y desarrollo (Bastías et al., 2015). La radiación UV-B también se vio afectada por el uso de la malla sombra de color gris (Arthurs et al., 2013; Bastías et al., 2015).

Tabla 5.1.1. Radiación solar total ($W m^{-2}$), PAR ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$) y radiación UV-B ($\mu W cm^{-2}$) bajo malla sombra y aire libre (Testigo) el 15 enero 2020 al mediodía.

Tratamiento	RT	PAR	UV-B
Malla (T1)	782 a	1322 a	14,4 a
Testigo (T2)	958 b	1641 b	18,6 b
Valor_p	0.0000	0.0000	0.0000
Significancia	**	**	**

Significativa según la prueba LSD de Fisher (<0,05). **: altamente significativo.

5.1.2. Variables fisiológicas.

Se puede apreciar en la **Tabla 5.1.2.** que cuatro de las variables analizadas mostraron diferencias estadísticas según la prueba LSD (valor_p<0,05). El uso de la malla mostró un efecto significativo en los índices medidos con Dualex y SPAD, ambos indicadores del contenido de pigmentos fotosintéticos, y Dualex además, de compuestos fenólicos. En relación con este último, el índice de clorofila que presentaron las hojas fue 6,6% mayor en la de árboles bajo malla, lo que se contradice con los resultados por Szabó 2021, en manzanas var. Golden Reinders. El índice de balance de nitrógeno o NBI (por su sigla en inglés), fue un 13,6% mayor en los árboles que estaban bajo malla. También el contenido de clorofila mediante unidades SPAD fue estadísticamente mayor en los árboles bajo malla. Ello concuerda con la mayoría de los estudios al respecto, con diferentes mallas (colores y tramas), y zonas de producción (Mupambi et al., 2018).

Tabla 5.1.2. Estimación del contenido de compuestos en hojas mediante Dualex, potencial hídrico de la planta al mediodía (Ψ_x), conductancia estomática, fotosíntesis y valor SPAD para clorofila del manzano bajo condiciones de malla y aire libre (Testigo), el 15 enero del 2020.

Tratamientos	Índices Dualex			
	Clorofila	Flavonoides	antocianinas	NBI
Malla (T1)	36.776	1574	0,059	25,6
Testigo (T2)	34.355	1450	0,072	22,1
Levene's	0,321	0,9	0,172	0,84
Valor_p	0,019	0,200	0,014	0,01
Significancia	*	NS	*	*

	Ψ_x (MPa)	Conductancia estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Fotosíntesis (μ mol m ⁻² s ⁻¹)	Índice SPAD
Malla (T1)	-1,9	136,4	8,4	48,4
Testigo (T2)	-1,7	151,6	7,9	46,0
Levene's	0,764	0,978	0,892	0,845
Valor_p	0,228	0,297	0,572	0,016
Significancia	NS	NS	NS	*

Significativa según la prueba LSD de Fisher (<0,05). *: significativo; NS: No significativo.

Respecto al contenido de metabolitos secundarios, para los flavonoides no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sí las hubo en el contenido de antocianinas en la hoja, siendo mayor en aquellas de árboles sin malla.

A diferencia de lo que indicaron Szabó et al. (2021) y Alarcon et al. (2006), respecto al potencial hídrico, los cuales afirmaron que el uso de malla aumenta el potencial hídrico de las plantas, en

el presente ensayo no se encontraron diferencias estadísticas al comparar el potencial xilemático, medido al mediodía (Ψ_x), en manzanos bajo malla o expuestos al aire libre.

La evaluación de fotosíntesis no mostró diferencias estadísticas con el uso de malla sombra. Múltiples estudios han reportado resultados diversos, puesto que su efecto será diferente de acuerdo a su color y trama (Mupambi et al., 2018). Raffo et al. (2019), afirmaron que el uso de mallas tiene un efecto positivo en la tasa de fotosíntesis en las horas cercanas al mediodía. A su vez, la conductancia estomática no mostró diferencias estadísticas (**Tabla 5.1.2.**)

5.1.3 Crecimiento del fruto.

El seguimiento del diámetro del fruto mostró mayor tasa de crecimiento y tamaño final en aquellos que crecieron bajo malla (**Figura 5.1.1.**)

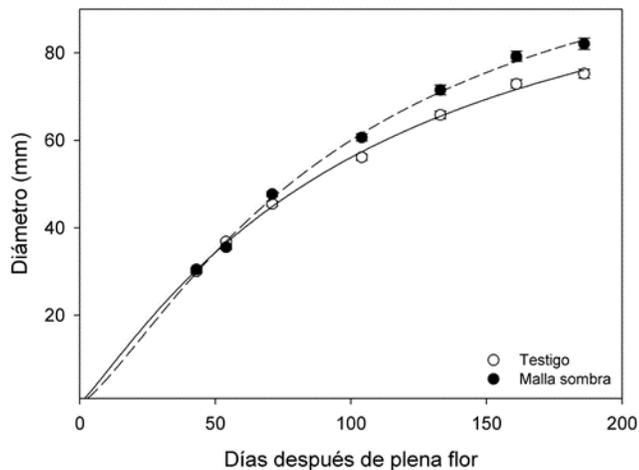


Figura 5.1.1. Curvas de crecimiento sigmoidea simple ajustada al diámetro ecuatorial de manzanas Envy® creciendo bajo malla y al aire libre (Testigo) durante la temporada 2019/20.

Al comienzo de la formación del fruto, ambos tratamientos muestran similar crecimiento y cerca de los 75 DDPF, los frutos que están bajo la malla comenzaron a crecer más, hasta el final de su desarrollo. Raffo et al. (2019), concluyeron que los frutos que crecen bajo malla lograron mayor tamaño que los que lo hacen al aire libre, pero mencionan que esto estaría determinado por otros factores, como el sistema de conducción y las condiciones climáticas del lugar, ya que con altas T° y alta radiación solar, la malla afectaría en forma positiva en el crecimiento del fruto. Ello concuerda con los distintos resultados en el peso y tamaño del fruto de diversos estudios en la

producción de manzanas bajo mallas efectuados en diferentes zonas agroclimáticas (Mupambi et al., 2018).

5.1.4. Variables de la fruta a cosecha.

Si bien, en estas variables solamente se encontró diferencias significativas en el *russet* tipo T, de mayor incidencia con el uso de malla sombra (**Tabla 5.1.3.**), las tendencias en color de cubrimiento y daño por sol concuerdan con estudios previos (Mupambi et al., 2018); es decir, que el uso de malla reduciría el daño por sol, pero también el desarrollo de color.

Tabla 5.1.3. Peso (g), color de cubrimiento (%), porcentaje de incidencia del daño por sol, y diferentes tipos de *russet* (C, T y S) a la cosecha.

Tratamientos	Peso	Color de cubrimiento	Daño por sol	<i>Russet</i> C	<i>Russet</i> T	<i>Russet</i> S
Malla	264,9	76.9	9,2	10,7	63,3	68,0
Testigo	284,1	82.1	18	18,7	28,0	66,0
Test Levene's	0,94	1,00	0,46	0,59	0,68	0,79
Valor_p	0,268	0,06	0,056	0,55	0,00	0,89
Significancia	NS	NS	NS	NS	*	NS

Significativa según la prueba LSD de Fisher (<0,05). *: significativo; NS: no significativo.

5.1.4.1. Distribución de calibres.

La distribución de la fruta en los diferentes calibres mostró una concentración de manzanas desde árboles al aire libre en las categorías de frutos más grandes (**Figura 5.1.2.**). Sin embargo, hay que tener en cuenta que a estos árboles se les realizó un ajuste de carga más temprano, cerca de 10 días antes.

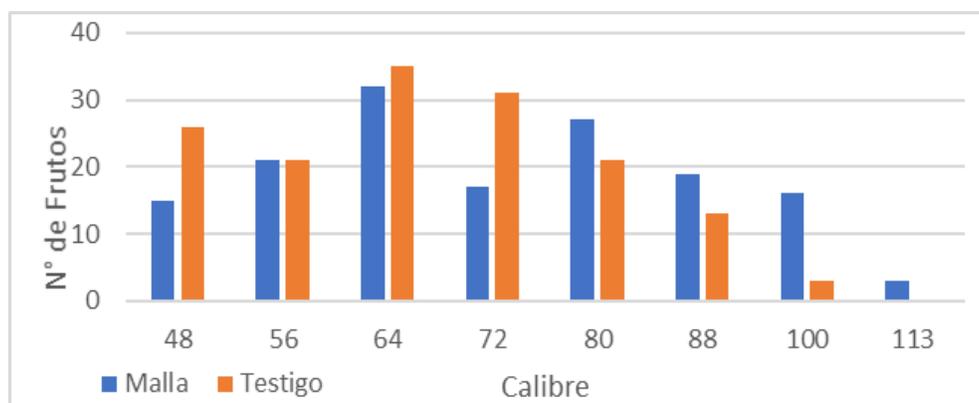


Figura 5.1.2. Distribución de calibres de manzanas Envy® a cosecha, creciendo bajo malla y al aire libre (Testigo), durante la temporada 2019/20.

5.1.4.2. Color de cubrimiento.

El color de cubrimiento se vio afectado por el uso de la malla, como se puede observar en la **Figura 5.1.3**. El Testigo presentó mayor cantidad de fruta con color de cubrimiento >75% que con el uso de malla sombra, lo que coincide con lo observado por otros autores (Mupambi et al., 2018; Bastías et al., 2015).

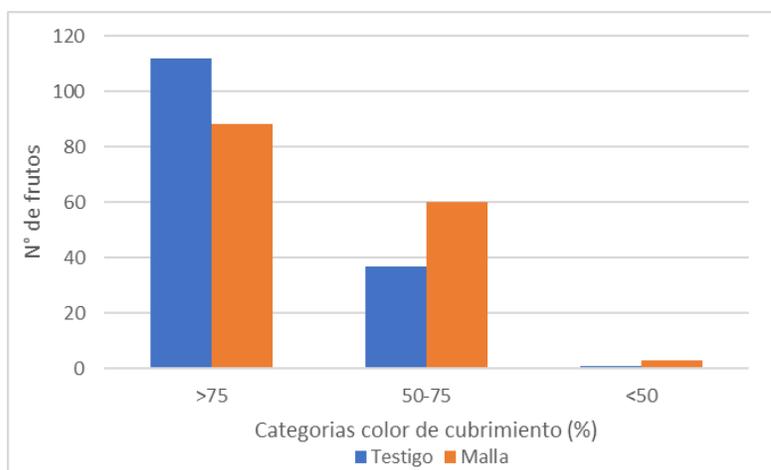


Figura 5.1.3. Número de frutos por categoría de color de manzanas Envy® a cosecha de árboles con uso de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo). Temporada 2019/20.

5.1.4.3. Daño por sol.

En relación con la severidad del daño por sol, el uso de malla sombra mostró una tendencia a generar más frutos sanos, aunque no se pudieron diferenciar estadísticamente (**Figura 5.1.4**).

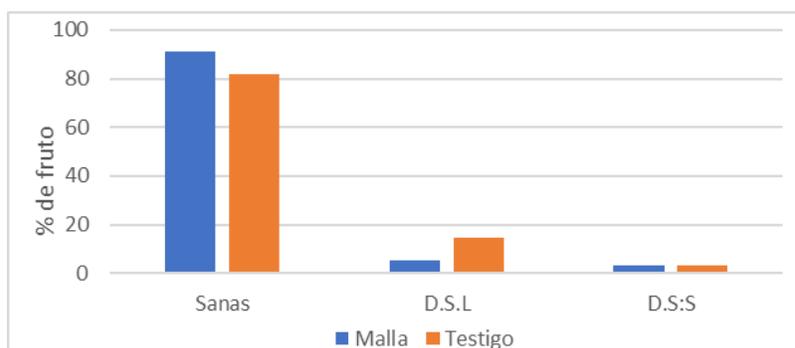


Figura 5.1.4. Severidad del daño por sol (%) en manzanas Envy® al momento de la cosecha, creciendo bajo condiciones de malla y aire libre (Testigo). Donde: D.S.L corresponde a los frutos con daño por sol leve; D.S.S a los frutos con daño por sol severo.

5.1.4.4. Russet.

Al *russet* del tipo T, que mostró mayor incidencia en la fruta bajo malla (**Tabla 5.1.3.**), se le realizó un análisis de la severidad mediante un gráfico de caja y bigote (**Figura 5.1.5.**). Se puede observar que para este tipo de *russet*, las manzanas bajo malla sombra mostraron una dispersión de casos entre las categorías de severidad 0 y 4 (daño en escala 1-6, donde el valor de mayor área de *russet* es 6). El Testigo concentró sus frutos con daño en la categoría mínima de severidad.

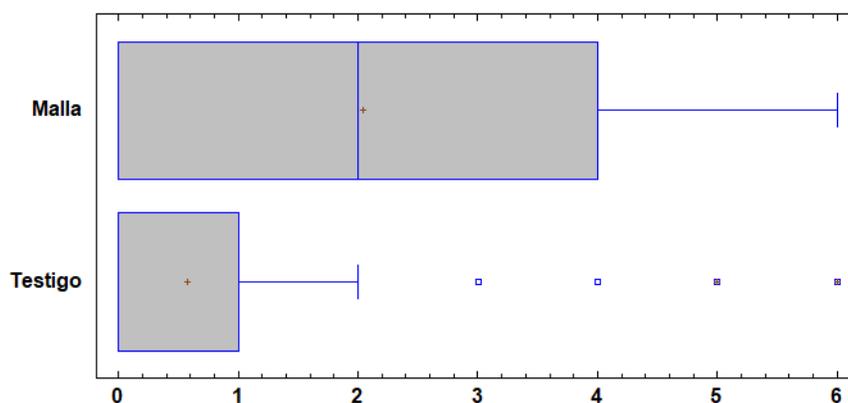


Figura 5.1.5. Gráfico de caja y bigotes de la severidad del *russet* tipo T en escala del 1 a 6, siendo 1 el más leve y 6 más severo, de manzanas Envy® a cosecha de árboles creciendo bajo malla y al aire libre (Testigo), temporada 2019/20.

5.2. Ensayo II.

5.2.1. Variables climáticas.

En un ensayo del Centro de Pomáceas desarrollado en Sagrada Familia evidenció que el uso de techo de rafia modificó el ambiente, aumentando la T° y HR (**Tabla 5.2.1.**). La carpa generó un aumento de la T° máxima diaria (**Figura 5.2.1.**). Además, bajo esta cubierta se mantiene una alta HR. Estas diferencias se atribuyen a una disminución de ventilación (Blanke et al., 2017).

Yuri et al. (2019) y Bastías & Leyton (2018), encontraron en huertos de cerezos una disminución de la T° bajo rafia. Sin embargo, se observó mayor T° en la parte alta del árbol próximo a la cubierta (Yuri et al., 2019). Es probable que la dinámica de la T° y HR bajo carpa varíe durante la temporada, dependiendo, entre otras cosas del despliegue del follaje.

Tabla 5.2.1. Promedios de la temperatura (°C) y HR (%) media, máxima y mínimas diarias; horas con humedad relativa sobre 95% y GDH, entre el 15 de septiembre y el 15 de octubre de 2019, con carpa y al aire libre (Testigo).

Tratamiento	Temperatura			Humedad relativa				GDH
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Horas >95%	
Carpa	14,1	25,1	5,7	70,2	93,8	38,0	50	6.708
Testigo	13,8	23,5	5,6	65,1	88,8	37,1	8	6.773

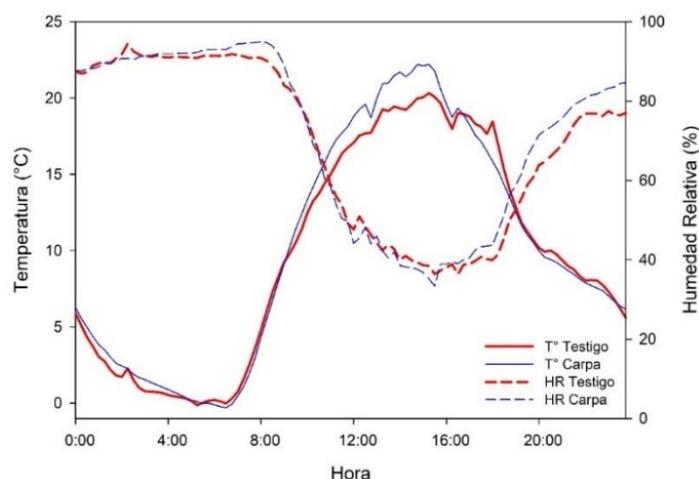


Figura 5.2.1: Variación diaria de la temperatura (°C) y HR (%) en sectores con y sin carpa(testigo) a 1,5m de altura. Sagrada Familia 2 de octubre de 2019.

5.2.2. Variables de la fruta a cosecha.

No hubo diferencias en los frutos a cosecha en relación con su peso, color de cubrimiento y alteraciones, excepto en la incidencia de *russet* tipo T, con mayor cantidad de frutos afectados en árboles bajo carpa (**Tabla 5.2.2.**).

Tabla 5.2.2. Peso (g), color de cubrimiento (%), porcentaje de incidencia de daño por sol y *russet* (C, T, S). La muestra corresponde al momento de la cosecha.

Tratamientos	Peso	Color de cubrimiento	Daño por sol	Russet C	Russet T	Russet S
Carpa	306	81,1	10,7	4,7	93,3	56,7
Testigo	284	82,1	16,7	6,7	28,0	66,0
Test Levene's	0,101	0,938	0,210	0,677	0,780	0,445
Valor_p	0,076	0,671	0,054	0,276	0,000	0,148
Significancia	NS	NS	NS	NS	**	NS

Significativa según la prueba LSD de Fisher (<0,05). **: altamente significativo; NS: no significativo.

Se esperaba mayor tamaño de frutos en los árboles bajo carpa, como indica la tendencia de los promedios y la distribución de calibres (**Figura 5.2.2.**). Stanley et al. (2000), encontraron frutos

más grandes cuando fueron sometidos a mayor temperatura al inicio de su crecimiento. La carpa promovió un ambiente más cálido durante el mediodía (**Figura 5.2.1.**).

Los datos analizados para el tamaño de los frutos que crecieron bajo cubierta durante el periodo de floración y post cuaja hasta los 40-50 DDPF, con tendencia a generar frutos de mayor tamaño, estaría relacionado con altas T° en el periodo de máxima división celular, puesto que influye más que en otras etapas del crecimiento del fruto (Stanley et al., 2000; Atkinson et al., 2001).

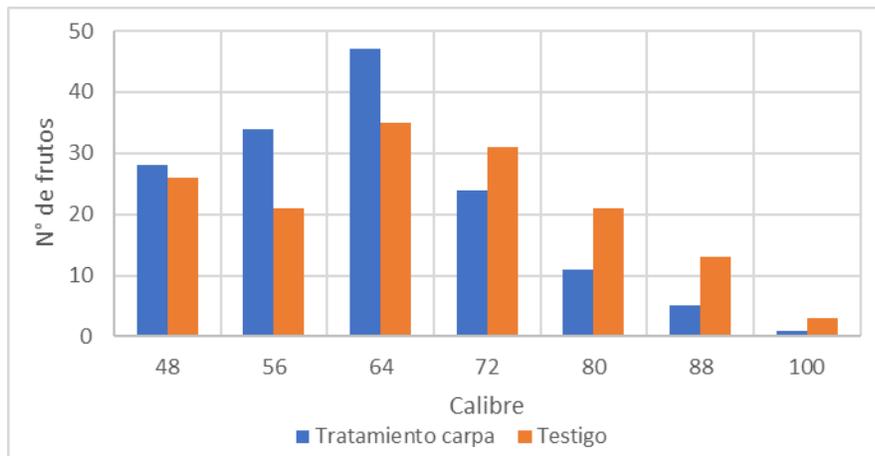


Figura 5.2.2. Distribución de calibres para manzanas Envy® a cosecha, con carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo), durante la temporada 2019/20.

Como era de esperar, el color de cubrimiento no se vio afectado por la utilización de la cubierta en forma temprana (**Figura 5.2.3.**), pues el desarrollo de color en manzanos se estimula durante su etapa de maduración.

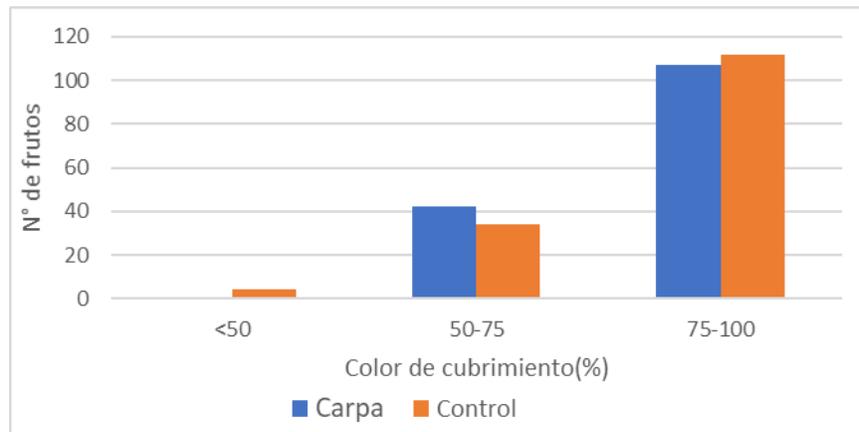


Figura 5.2.3. Número de frutos por categoría de color de manzanas Envy® a cosecha de árboles con uso de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo). Temporada 2019/20.

En cuanto a la incidencia del *russet* del tipo C y S, no se encontraron diferencias estadísticas (**Tabla 5.2.2.**). Para el *russet* tipo T se observó diferencia altamente significativa, por lo que se realizó un análisis de la severidad. Mediante el uso de un gráfico de caja y bigote (**Figura 5.2.4.**) se pudo observar que para el *russet* tipo T, las manzanas bajo carpa mostraron una concentración de casos entre las categorías de severidad 3 y 5 (en escala 1-6, donde el valor de mayor área de *russet* es 6), a diferencia del Testigo, con un mayor número de frutos con la categoría mínima de severidad.

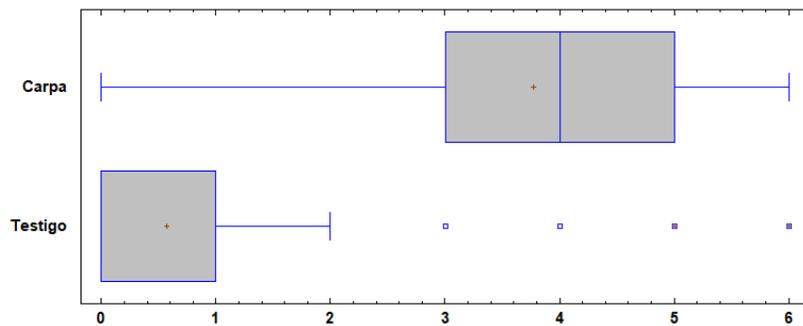


Figura 5.2.4. Gráfico de caja y bigotes de la severidad del *russet* tipo T en escala del 1 a 6, siendo 1 el más leve y 6 más severo, de manzanas Envy® a cosecha, de árboles bajo carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo), temporada 2019/20.

5.2.3. Crecimiento del fruto

El monitoreo del diámetro de los frutos durante la temporada no arrojó diferencias relevantes entre los tratamientos (**Figura 5.2.5.**), observándose un leve aumento a favor de los frutos con carpa hasta los 45 DDPF, y luego fue disminuyendo a medida que se acercaba la cosecha.

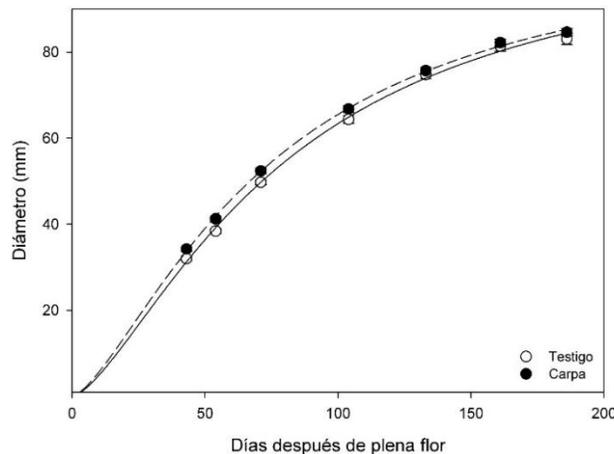


Figura 5.2.5. Curvas de crecimiento sigmoidea simple ajustada al diámetro ecuatorial de manzanas Envy® de árboles con carpa hasta 45 DDPF y al aire libre (Testigo) durante la temporada 2019/20.

5.2.4. Firmeza de frutos.

Los frutos provenientes de árboles bajo carpa durante los primeros días de crecimiento mostraron mayor firmeza de pulpa a cosecha (**Figura 5.2.6.**), la que se mantuvo durante la postcosecha. Tromp (1997), encontró que manzanas creciendo en ambiente más cálido mostraron un aceleramiento de los índices de madurez, en especial en la firmeza de la pulpa. También, se ha encontrado que manzanas con alta firmeza de pulpa a cosecha, ésta se mantuvo alta en postcosecha (Yuri et al., 2019).

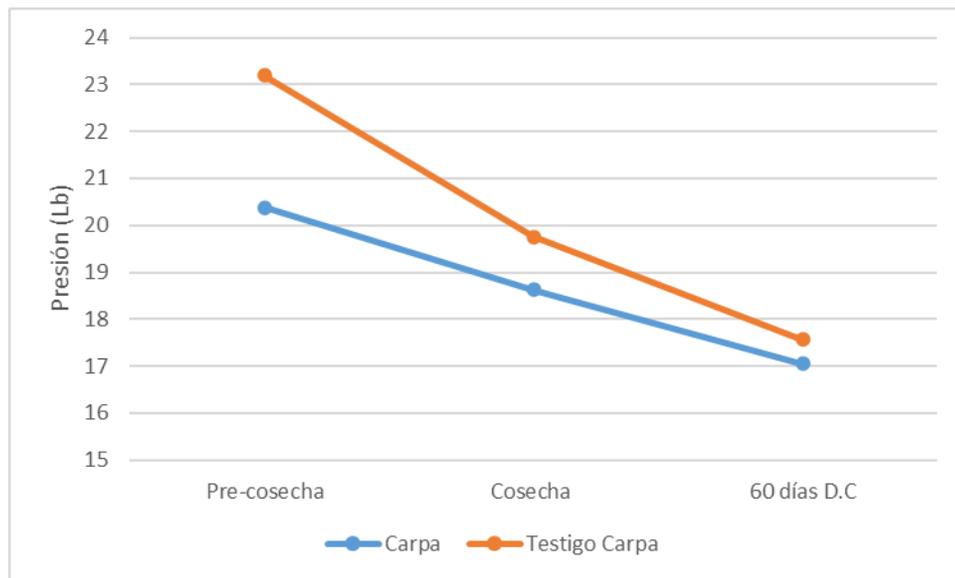


Figura 5.2.6. Curvas de firmeza de pulpa de manzanas Envy® con uso de condiciones de carpa hasta los 45 DDPF y al aire libre (Testigo), desde cosecha con almacenaje en frío convencional.

6. CONCLUSIONES

Tanto la malla sombra como carpa de rafia, modificaron el microclima bajo ellas, afectando la fisiología de la planta y el desarrollo de los frutos.

La malla sombra, desplegada por un extenso tiempo sobre los árboles promovió el contenido de clorofila en las hojas.

Si bien, no hubo diferencias estadísticas, la tendencia de los resultados indicaría un efecto en reducir la incidencia de daño por sol, pero también una disminución en el color de cubrimiento.

La carpa incrementó el tamaño de los frutos, lo que se asocia a las altas temperaturas desde cuaja hasta los 40-50 días después de plena flor.

Ambas cubiertas aumentaron la incidencia y severidad de *russet* tipo T, probablemente al generar un ambiente más húmedo mientras el fruto es pequeño.

Las cubiertas son una forma de mitigar el estrés climático, protegiendo los árboles y frutos de eventos extremos y también disminuyendo el estrés térmico (malla sombra), aunque con efectos secundarios como la falta de color y aumento de *russet*, sobre todo en cultivares sensibles como Envy®.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, C., John, F. (2009). Grupo de investigación en tecnología de invernaderos y agroplasticultura: experiencias. ingeniería e investigación. 29(3). 156-157. **[En línea]**.

Alarcon, J.J., Ortuno, M.F., Nicolas, E., Navarro, A., Torrecillas, A., 2006. Improving water-use efficiency of young lemon trees by shading with aluminised-plastic nets. *Agric. Water Manag.* 82, 387–398.

Atkinson, C., Lorraine Taylor, L., & Gail Kingswell, G. (2001). The importance of temperature differences, directly after anthesis, in determining growth and cellular development of Malus fruits. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(6), 721–731. <https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511437>

Arthurs, S. P., Stamps, R. H. y Giglia, F. F. (2013). Environmental modification inside photosensitive shadehouses. *HortScience*. 48(8): 975-979.

Arthurs, S. P., Stamps, R. H., & Giglia, F. F. (2013). Environmental modification inside photosensitive shadehouses. *HortScience*, 48(8), 975-979.

Ayala, N. & Calle, A. (2016). Aplicación de técnicas de deshidratación maceración y escaldado, para la conservación de manzanas red Delicious, Flor de mayo y Emilia. Facultad de ciencias de la hospitalidad, Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 109 p.

Bastias, M., Umazor, C., Ibarra, R., Wilckens, R., & Quezada, C. (2017). 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 cv. Gala y Fuji. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1), e-930. Pub. 30 de marzo de 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017930>

Bastias, R., & Leyton, M. (2018). Producción de cerezos bajo rafia y plástico: Efectos en el microclima, calidad y condición de la fruta. *REVISTA FRUTÍCOLA COPEFRUT S.A.*, 40(2), 8–14. https://www.copefrut.com/wp-content/themes/copefrut/img/revistas/2018_N2.pdf

Blanke, M. (2017). Orchard microclimate Modification. En G. Lang & M. Meland (Eds.), *Cherries: Botany, Production and Uses* (pp. 244–268). CABI.

Blanke, M. (2018). Malla y reflectantes en frutales. *Boletín Técnico Pomáceas*, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile. 12 p.

Brown, S. Maloney k. (2018). Update on new apple varieties, managed varieties and Clubs. *Fruit Quarterly*. vol 26. N° 2. Pag 26. 5-9.

Bustamante, N. (2019, 13 agosto). Las tendencias en la exportación de las nuevas variedades de manzanas de Chile. *FedeFruta*. <https://fedefruta.cl/iqonsulting-las-tendencias-en-la-exportacion-de-las-nuevas-variedades-de-manzanas-de-chile/>

Carrasco-Ríos, Libertad. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. *Idesia (Arica)*, 27(3), 59-76. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000300009>

Centro de Pomáceas 2020. Estrés ambiental durante el crecimiento del fruto temporada 2019/20. Informativo climático Nr.52. Laboratorio de Ecofisiología Frutal, Centro de Pomáceas, Facultad de ciencias agrarias, Universidad de Talca, Chile. 6p

Garreaud, R. (2011). Cambio Climático: Bases físicas e impactos en Chile. Revista Tierra Adentro-INIA. No.93. Departamento de geofísica. Universidad de Chile. 1-14.

Gil, G. F. (2012). Fruticultura la producción de la fruta, fruta de climas cálido y subtropical. Tercera edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. 643p

Iglesias, I., Carbó, C., & Bonany, J. (2016). Innovación varietal manzana: situación y perspectivas de futuro. Revista de Fruticultura, 52, 26-28.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp

Losciale, P., Zibordi, M., Manfrini, L., Morandi, B., Bastias, R. M., & Corelli Grappadelli, L. (2011). Light management and photoinactivation under drought stress in peach. Acta Horticulturae. 922. 341-347. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.922.44>

Montenegro D. (2020). Determinación de clorofilas, flavonoides y nitrógeno en cerezos (*Prunus avium* L. var. 'santina') bajo tres condiciones de cultivo, mediante un método no destructivo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. Talca, Chile.

Mupambi, G., Layne, D. R., Kalcsits, L. A., Musacchi, S., Serra, S., Schmidt, T., & Hanrahan, I. (2019). Use of protective netting in Washington State apple production. Washington State University Extension. 20: 2-3

Nicolas, E., Barradas, V.L., Ortuno, M.F., Navarro, A., Torrecillas, A., Alarcon, J.J., 2008. Environmental and stomatal control of transpiration, canopy conductance and decoupling coefficient in young lemon trees under shading net. Environ. Exp. vol. 63, 200–206.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2019). La fruticultura en Chile: Tendencias productivas y su expresión territorial. Ministerio de Agricultura, gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/Art%C3%ADculo-Fruticultura_mayo-1.pdf > . Consultado el 20 de Julio del 2020.

Ortega-Farias S. (2012). Conceptos básicos de programación de riego agrícola. Facultas de Ciencias agrarias, centro de investigación en riego y agroclimatología, Universidad de Talca, Chile.165p.

Pizarro, R. (2017, marzo). Recambio varietal en manzanas ¿Quién se unirá al club? Redagrícola. <https://www.redagricola.com/cl/recambio-varietal-manzanas-quien-se-unira-al-club/>

Raffo, M., Villarreal, P., Rodriguez, A., Curetti, M., & Moschini, S. (2019). Experiencias sobre el uso de mallas antigranizo en fruticultura y análisis económico de la inversión en los valles de la Norpatagonia. Revista de Fruticultura 69, 6-17.

Quero-García, J., Iezzoni, A., Pulawska, J., & Lang, G. (2017). Cherries: Botany, Production and Uses. Cabi.

Santibáñez Q, F. (2016). El cambio climático y los recursos hídricos de Chile. Oficina de estudios y políticas agrarias. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:uzWvx4uJNL4J:scholar.google.com/+El+cambio+clim%C3%A1tico+y+los+recursos+h%C3%ADdricos+de+Chile&hl=es&as_sdt=0,5&as_vis=1

Stanley, C. J., Tustin, D. S., Lupton, G. B., McCartney, S., Cashmore, W. M., & Silva, H. N. D. (2000). Towards understanding the role of temperature in apple fruit growth responses in three geographical regions within New Zealand. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75(4), 413–422. <https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511261>

Szabó, A., Tamás, J., & Nagy, A. (2021). The influence of hail net on the water balance and leaf pigment content of apple orchards. *Scientia Horticulturae*, 283, 110112. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110112>

Tromp, J. (1997). Maturity of apple cv. Elstar as affected by temperature during a six-week period following bloom. *Journal of Horticultural Science*, 72(5), 811–819. <https://doi.org/10.1080/14620316.1997.11515575>

Villagrán M. (2015). Boletín fruta fresca junio 2019 con información a mayo 2019. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. **[En Línea]**: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoim2ZhMjRjZWltZGQwNS00N2M1LWWEwOWYtOTJkMzViYmUzZDZkIiwidCI6IjMzYjdmNzA3LTZlNmYtNDJkMi04ZDZmLTk4YmZmOWZiNWZhMCIslmMiOjR9>. Consultado el 25 de julio 2020

Yuri, J. A., Neira, A., Fuentes, M., & Sáez, B. (2014). La manzana como fuente de antioxidantes. *Boletín Técnico Pomáceas*, vol 14(5), Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile. Pag 2-4. Recuperado en: http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2016/06/Boletin_N14_5.pdf Consultado el 20 de junio 2020.

Yuri, J. A., SÁNCHEZ–CONTRERAS, J., PALMA, M., & SEPÚLVEDA, Á. (2019). El cerezo en Chile y los desafíos de la producción bajo cubierta anti–lluvia. *Revista de Fruticultura, Especial 2019*, 54–67. <http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2020/11/Articulo-Cerezo-Rev.-de-Frut..pdf>

Yuri, J. A., Moggia, C., Sepulveda, A., Poblete-Echeverría, C., Valdés-Gómez, H., & Torres, C. A. (2019). Effect of cultivar, rootstock, and growing conditions on fruit maturity and postharvest quality as part of a six-year apple trial in Chile. *Scientia Horticulturae*, 253, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.020>