



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

**EFFECTO DE LA MODIFICACIÓN MICROCLIMÁTICA POR EL USO DE
CUBIERTAS PLÁSTICAS EN LA EXPRESIÓN VEGETATIVA DEL CEREZO
(*Prunus avium* L.)**

MEMORIA DE TÍTULO

JUAN ANDRÉS VALLEJOS BRAVO

TALCA, CHILE

2019



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA MODIFICACIÓN MICROCLIMÁTICA POR EL USO DE CUBIERTAS
PLÁSTICAS EN LA EXPRESIÓN VEGETATIVA DEL CEREZO (*Prunus avium* L.)**

MEMORIA DE TÍTULO

JUAN ANDRÉS VALLEJOS BRAVO

presentada a la
Universidad de Talca como
parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO AGRÓNOMO

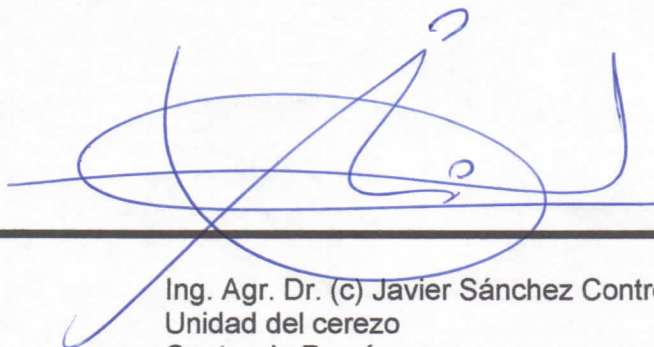
Talca, 2019

APROBACIÓN:



Profesor guía:

Ing. Agr. Dr. José Antonio Yuri Salomón
Profesor Escuela de Agronomía
Centro de Pomáceas
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca



Profesor co-guía:

Ing. Agr. Dr. (c) Javier Sánchez Contreras
Unidad del cerezo
Centro de Pomáceas
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 17 de julio 2019.

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

AGRADECIMIENTOS

Mis mas sinceros agradecimientos al Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, en especial a la Unidad del Cerezo, los cuales me dieron la oportunidad de realizar mi memoria de título, participando de manera activa en cada una de las actividades realizadas durante este proceso académico.

A su vez agradezco a mis profesores guía y co-guía: don José Antonio Yuri y don Javier Sánchez Contreras, por sus consejos, correcciones, disponibilidad y experiencias compartidas, las cuales me sirvieron para engrandecer como persona y como profesional.

También quiero agradecer a mi profesora de comunicación oral y escrita, Marcela Villena y a la profesora de laboratorio de química, Carolina Quinteros, por su ayuda y apoyo durante mis primeros pasos en esta universidad, ya que sin ellas todo hubiese sido más difícil, les estaré agradecido eternamente. Y en la etapa final de mi carrera a los profesores: Claudia Moggia y Gustavo Lobos, por su apoyo, dedicación y disposición a ayudarme y guiarme siempre.

Agradezco el apoyo, consejos, tardes de ocio, bromas y celebraciones con mis compañeros de las generaciones 2014 y 2015, muy en especial a Jesús, Zlavec y Mauricio, con quienes formé una muy linda amistad tanto académica como personal.

Quiero agradecer y dedicar este trabajo a mi señora Ana Morales, quién durante estos cinco años y medio fue la que me brindó el mayor apoyo en cada una de mis decisiones, a la vez por su contención, tranquilidad y amor incondicional, sin ella este logro no hubiese sido posible. También a mis queridos padres Mario y Janette, por su infinito apoyo y cariño.

RESUMEN

Debido al aumento de la superficie plantada de cerezos (*Prunus avium* L.) en Chile, se están buscando nuevas alternativas productivas para aumentar los precios de retorno al productor. Entre estas alternativas, destaca el uso de cubiertas plásticas para proteger los cultivos de factores climáticos tales como la lluvia. A su vez, para adelantar la fenología y, por lo tanto, la cosecha, se está implementando el uso de macro-túneles, cuya característica, también es la de evitar la partidura de la fruta ante las lluvias estivales sin afectar la calidad de las cerezas. Sin embargo, estas estrategias afectan algunos parámetros del crecimiento vegetativo de las plantas.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del uso de cubiertas anti-lluvia sobre la expresión vegetativa en cerezos. El ensayo fue realizado en el huerto comercial Santa Carmen en la comuna de Sagrada Familia (35°01'41.7" S 71°26'50.6" W), Región del Maule, Chile, durante la temporada 2018-2019. Se estudiaron los parámetros vegetativos de volumen de copa, área de sección transversal del tronco, largo de los brotes, distancia entre nudos, número de hojas por brote, área de la hoja, área específica de la hoja y contenido de materia seca, entre otros. Los árboles fueron cubiertos desde prefloración hasta cosecha, según el manejo aplicado por el productor. Las mediciones se realizaron 125 días después de plena flor. La variedad estudiada fue 'Santina' sobre porta injerto Colt con un sistema de conducción *Kym Green Bush* (KGB).

Se evaluaron tres tratamientos: i) sin cubierta; ii) con cubierta a dos aguas y; iii) macro-túnel. Los resultados indicaron que la implementación del macro-túnel no significó un aumento considerable en los parámetros vegetativos, los brotes anuales en el sistema bajo macro-túnel aumentaron en número de hojas y las cubiertas a dos aguas aumentaron en longitud, el largo de ejes por árbol resultó ser menor en el sistema bajo macro-túnel, el área de sección transversal del tronco no se vio afectado por el uso de cubiertas plásticas y las plantas bajo cubiertas a dos aguas presentaron un menor contenido de materia seca.

Palabras claves: crecimiento vegetativo, cubierta a dos aguas, macro túnel, KGB, 'Santina'.

ABTRACTS

Due to the increase in the area planted with cherry trees (*Prunus avium* L.) in Chile, new productive alternatives are being sought to increase the return prices to the producer. Among these alternatives, the use of plastic covers to protect crops from climatic factors such as rain stands out. At the same time, to advance the phenology and, therefore, the harvest, the use of macro-tunnels is being implemented, whose characteristic is also that of avoiding the splitting of the fruit before the summer rains without affecting the quality of the cherries. However, these strategies affect some parameters of vegetative growth of plants.

The objective of this study was to determine the effect of the use of anti-rain covers on the vegetative expression in cherry trees. The trial was conducted in the Santa Carmen commercial garden in the commune of Sagrada Familia (35°01'41.7" S 71°26'50.6" W), Maule Region, Chile, during the 2018-2019 season. The vegetative parameters of crown volume, trunk cross section area, shoot length, distance between nodes, number of leaves per shoot, leaf area, specific area of the leaf and dry matter content, among others, were studied. The trees were covered from preflowering to harvest, according to the management applied by the producer. The measurements were made 125 days after full bloom. The variety studied was 'Santina' on Colt graft carrier with a Kym Green Bush (KGB) driving system.

Three treatments were evaluated: i) without cover; ii) with gable roof and; iii) macro-tunnel. The results indicated that the implementation of the macro-tunnel did not mean a considerable increase in the vegetative parameters, the annual shoots in the system under macro-tunnel increased in number of leaves and the gabled covers increased in length, the length of axes by tree was found to be smaller in the system under macro-tunnel, the cross-sectional area of the trunk was not affected by the use of plastic covers and plants under pitched roofs had a lower content of dry matter.

Keywords: gable roof, macro tunnel, vegetative growth, KGB, 'Santina'.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivo general.....	2
1.3 Objetivos específicos.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Antecedentes generales.....	3
2.2 Importancia económica del cultivo.....	3
2.2.1 Exportación, superficie y costos.....	3
2.2.2 Fortalezas de producir cerezas en Chile.....	5
2.2.3 Combinación variedad-portainjerto.....	6
2.3 Consideraciones para el uso de cubiertas.....	7
2.3.1 Partidura o craking.....	7
2.3.2 Efectos del uso de cubiertas plásticas.....	8
2.4 Efectos del macro túnel sobre el cultivo del cerezo.....	8
2.4.1 Crecimiento vegetativo.....	8
2.4.2 Plagas y enfermedades.....	9
2.4.3 Estado hídrico de la planta.....	10
2.4.4 Polinización.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Localización y antecedentes de la zona.....	12
3.2 Materiales y dimensiones de los sistemas de cubiertas plásticas.....	12
3.3 Radiación y temperatura bajo los sistemas de cubiertas plásticas.....	13
3.4 Manejos.....	13
3.5 Diseño experimental.....	14
3.6 Mediciones vegetativas del árbol.....	14
3.6.1 Área sección transversal del tronco.....	14
3.6.2 Metros de ejes por árbol y por hectárea y dimensiones del árbol.....	15
3.7 Mediciones vegetativas del brote anual.....	15
3.7.1 Largo del brote.....	15
3.7.2 Número de entrenudos.....	15

3.7.3 Distancia de entrenudos.....	15
3.7.4 Número de hojas por brote.....	15
3.7.5 Número de hojas por metro lineal.....	16
3.7.6 Peso de hojas por brote.....	16
3.8 Mediciones vegetativas de la hoja.....	16
3.8.1 Área de la hoja.....	16
3.8.2 Peso de una hoja.....	16
3.8.3 Área específica de la hoja.....	16
3.8.4 Porcentaje de materia seca foliar.....	17
3.9 Análisis estadístico.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Mediciones vegetativas del árbol.....	18
4.2 Mediciones vegetativas de los brotes anuales.....	19
4.3 Mediciones vegetativas de las hojas de los brotes anuales.....	20
6. CONCLUSIONES.....	23
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
7. ANEXO FOTOGRÁFICO.....	28

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del cerezo dulce (*Prunus avium* L.), se ha expandido fuertemente durante los últimos años debido a la alta demanda que existe desde el continente asiático y la rentabilidad de éste. Si bien Chile no es el mayor productor de cerezas a nivel mundial, si es el más importante del hemisferio sur (Soto, 2017).

La cereza en el mercado de China tiene un elemento distintivo para su consumo, ya que es parte de su cultura en un determinado período del año: el Año Nuevo Chino. Durante esta festividad, que por el calendario lunar se mueve en torno a los meses de enero y febrero, es usual el consumo masivo de cerezas, no tan sólo por su apetecido sabor, sino por las particularidades propias del fruto, al asociarse el color rojo con la prosperidad y la fortuna, y la forma redondeada con la perfección (ProChile, 2017). Chile a pesar de tener esta ventaja, debe tener la capacidad de abrirse a nuevos mercados para así no depender tan solo de este gigante asiático ya que un alto porcentaje de la exportación está destinada a ese país y si se cierra o limita ese mercado traería grandes problemas para los productores nacionales.

El cerezo en la temporada 2017- 2018, dio mucho de qué hablar, no solo en la industria frutícola, sino también en otras que pueden ver en este frutal un alto potencial comercial debido a los altos retornos que este cultivo posee y que se han mantenido a pesar de la sobre producción (Red agrícola, 2018), aumentando sus exportaciones en un 96% en relación a la temporada 2016-2017, llegando a 198.056 toneladas (t) comercializadas hacia el exterior durante esa temporada. Por otro lado, en la presente temporada (2018-2019), se esperaba que estos volúmenes bajaran considerablemente, pero estos se mantuvieron llegando a las 194.054 toneladas (t) exportadas (ODEPA, 2019).

Una de las posibilidades que se manejan actualmente dentro del potencial comercial que posee esta fruta, es la oportunidad de adelantar la entrada en producción del cerezo pudiendo así entrar antes al mercado y obtener mejores precios. Es así como desde hace algunos años se viene estudiando en diferentes zonas productivas del mundo como Michigan (Lang et al., 2017) y Nueva York (Robinson y Domínguez, 2013), en los Estados Unidos y la costa oeste de Noruega (Meland et al., 2017), entre otros. La implementación de cubiertas plásticas tipo macro-túnel que tiene un doble propósito: primero, adelantar la entrada en producción y segundo, evitar la partidura de la fruta que es otro gran problema.

Además del potencial de adelanto de cosecha y reducción de la partidura de frutas, puede proteger a las cerezas de las heladas primaverales y de enfermedades diseminadas por la lluvia como cáncer bacterial (*P. syringae pv. syringae*). Las cubiertas de macro-túnel también reducen el impacto del viento y en consecuencia reduce los golpes en la fruta, siendo mejor que las cubiertas a dos aguas. Así, los macro-túneles pueden proporcionar una herramienta para manipular el tiempo de maduración de la fruta para apuntar particularmente a valiosas ventanas en el mercado (Lang et al., 2016).

Por esta razón, se hace necesario evaluar los parámetros vegetativos y reproductivos de este cultivo bajo las diferentes condiciones micro ambientales que se presentan en los diferentes tratamientos (macro-túnel, cubierta a dos aguas y aire libre). Así, para este estudio, se plantean a continuación la hipótesis y los objetivos para evaluar en particular el crecimiento vegetativo.

1.1 Hipótesis

La modificación microambiental por el uso de cubiertas plásticas aumentaría la expresión vegetativa del cerezo (*Prunus avium* L.).

1.2 Objetivo general

Determinar el efecto de la modificación microambiental en la expresión vegetativa en cerezos creciendo bajo cubiertas plásticas.

1.3 Objetivos específicos

- I. Determinar el efecto de las cubiertas plásticas en el largo de brotes.
- II. Cuantificar el efecto de las cubiertas plásticas en el área de sección transversal del tronco (ASTT) y largo de ejes.
- III. Determinar diferencias en el follaje de la planta bajo cubiertas plásticas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes generales

El cerezo dulce (*Prunus avium* L.) es originario de Europa donde se encuentra en estado silvestre, desde Suecia hasta Grecia, Italia, España y algunas áreas del norte de África. Las especies que se comercializan de cerezo actualmente son originarias de las regiones del Mar Caspio y el Mar Negro, parte de Asia, norte de India y China (Quero-García et al., 2017).

Es un árbol caducifolio que puede llegar a medir hasta 25 m de altura el cual presenta un hábito acrotónico que impide el crecimiento de yemas laterales, esto último impone desafíos en la formación en ejes que favorezca la intercepción de luz y un aumento de la productividad. Sus brotes anuales pueden llegar a medir hasta 2 metros de longitud. En Chile, este crecimiento se inicia entre septiembre y octubre (después de la floración), dependiendo de las zonas climáticas y de las diferentes variedades (Grau, 2007).

2.2 Importancia económica del cultivo

2.2.1 Exportación, superficie y costos

El segmento de mercado objetivo chino esta dado por importadores y distribuidores de fruta fresca, apuntando su comercialización al mercado urbano de las ciudades de Guangzhou, Shanghai, Hong Kong y Beijing, asociado a clientes clasificados como de altos ingresos, teniendo en cuenta que el mercado chino equivale a 1.350 millones de personas, donde no todos son consumidores de cerezas. Para comprender el negocio de la cereza en ese país es fundamental internalizar el valor cultural entregado a las cerezas, consideradas regalo de gratitud y prosperidad. El incremento de su consumo alcanza su punto máximo semanas previas al año nuevo chino, donde el precio es fluctuante a la demanda para el segmento de clientes objetivo. Durante el resto de la temporada de venta su demanda se mantiene alta, los precios experimentan fluctuaciones de acuerdo con la variedad y condición de arribo de las cerezas chilenas (Solorza, 2017).

En China existen dos mercados diferenciados para los consumidores de cerezas: i) rural, equivalente al 43% de la población; y, ii) urbano equivalente al 57% de la población. Ambos mercados, representan un universo de 785 millones de personas, con perfiles de consumidores, donde se identifican tres grupos: i) bajos ingresos: 290 millones de personas con ingresos de hasta

140 USD/mes; ii) clase media: 250 millones de personas (universitarios, técnicos, empleados directivos básicos), con ingresos entre 240 y 600 USD/mes, y, iii) grupo con altos ingresos: 5 millones de personas (directivos de primer nivel y personajes públicos) con ingresos entre 700 y 1.800 USD/mes, siendo estos dos últimos los principales consumidores (Solorza, 2017).

La exportación de cerezas desde Chile en esta última temporada (2018-2019), alcanzó un volumen total de 194.054 t distribuidas a los distintos mercados internacionales, siendo Asia el principal destino comercial (**Cuadro 2.1**), donde China es el principal importador quedándose con aproximadamente un 87% de las exportaciones de cereza chilena (ODEPA, 2019).

Cuadro 2.1. Exportaciones de cerezas chilena (kg) a nivel mundial entre el 01 de septiembre del 2018 y el 31 de marzo del 2019.

Continente o país	Volumen
China (*)	169.479.429
Asia (**)	10.303.189
Sudamérica	5.574.880
Norteamérica	5.354.299
Europa occidental	3.041.263
Europa oriental	102.636
Medio Oriente	95.430
Centroamérica	94.880
Oceanía	8.413
Total	194.054.419

Fuente: ODEPA con información de los certificados fitosanitarios emitidos por el Sistema Multipuerto del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

* China incluye el puerto de Hong Kong

** Asia no incluye a China

Ahora bien en relación con la superficie nacional plantada de cerezos, la cual se concentra entre las regiones de O'Higgins y Maule agrupando el 82,3% de la superficie (**Cuadro 2.2**) (ODEPA-CIREN, 2016-2018), se espera que las plantaciones sigan aumentando, debido a que Chile no es capaz de cubrir la demanda asiática de cereza; es más, se espera que para el año 2022 la clase media-alta aumente en un 22,4% y la clase alta un 19,6%, siendo estas como se mencionó anteriormente el público objetivo (Barton et al., 2013), proyectando un crecimiento a su vez del consumo de esta fruta.

Cuadro 2.2. Superficie nacional (ha) de plantas y variedades más importantes por región según los últimos catastros frutícolas realizados.

Región	Superficie (ha)	Año de catastro	Var. más plantada
Coquimbo	69,94	2018	Brooks
Valparaíso	211,71	2017	Lapins
Metropolitana	2.456,19	2017	Santina
O'Higgins	13.699,17	2017	Lapins y Santina
Maule	11.130,28	2016	Lapins
Bío-Bío	1.615,81	2016	Lapins
La Araucanía	725,02	2016	Regina
De los Ríos	20,54	2016	Lapins
De los Lagos	44,01	2016	Regina
Aisén (Chile Chico)	206,45	2016	Sweet Heart
Total	30.179,12		

Fuente: Elaboración propia con información de ODEPA-CIREN (2018), ordenados por regiones de norte a sur.

Por otro lado, relacionado a los costos directos para producir cerezas en Chile están en un promedio de US\$3.000 aproximadamente por ha/año, siendo la mano de obra el ítem más costoso con un 46% del total y que dependerá principalmente de la zona de producción (norte, centro o sur) y del tipo de cubierta de protección que se instale. A su vez, los costos de establecimiento de una hectárea de cerezos sin cubierta están alrededor de los US\$13.000 (Cazanga et al., 2013).

Relacionado con las cubiertas plásticas y los costos asociados, según Lang (2017), serían los siguientes: i) sistema de cubierta más barato: techo con postes y alambres los cuales pueden ser fijos o retractiles, los cuales van en torno a los US\$30.000/ha; ii) el macro-túnel el cual resiste las lluvias y brinda cierta protección contra heladas, entre otros factores y los cuales para su ventilación deben ser abiertos de manera manual, se encuentran alrededor de los US\$60.000/ha; y, iii) los tipo invernadero los cuales pueden ser programadas para abrirse y cerrarse automáticamente, de acuerdo a las condiciones climáticas: cerrarse para capturar calor, proteger contra heladas o lluvias y abrirse para ventilar y bajar las altas temperaturas, este parte en algo más de US\$100.000/ha y pueden superar los US\$150.000/ha (cubierta a dos aguas con canaletas).

2.2.2 Fortalezas de producir cerezas en Chile

Las principales fortalezas según Ellena (2012), para producir cerezas en Chile son:

- a. Estacionalidad de producción: Chile, tiene la capacidad de exportar cerezas frescas al hemisferio norte desde finales de octubre con las variedades más tempranas y en régimen

forzado (p.ej., macro-túnel) en variedades como 'Royal dawn' y 'Santina'; hasta febrero con las variedades más tardías, como 'Sweetheart' o 'Regina'. La estacionalidad de producción y la breve conservación de esta fruta no permite, hasta el momento, competencia comercial entre los hemisferios.

- b. Disponibilidad de centrales modernas de selección y empaque de la fruta: la industria de la cereza chilena cuenta con *packings* privados tecnológicamente a la vanguardia, con capacidad de garantizar la calidad y la condición del producto.
- c. Buenas condiciones edafoclimáticas para la producción de cerezas tempranas, semi tardías y tardías: Chile tiene la ventaja de producir cerezas en distintas condiciones ambientales, desde la Región de Coquimbo a la Región de Aisén, produciendo una cereza de una alta calidad estando por sobre sus competidores del hemisferio sur, como Argentina y Sudáfrica.
- d. Elevada capacidad profesional de los empresarios frutícolas: estos son tanto los operadores comerciales y como los exportadores chilenos.
- e. Estabilidad política y económica de Chile: en relación con otros países competidores sudamericanos (p. ej., Argentina), el país presenta mayor estabilidad económica.

2.2.3 Combinación variedad-porta injerto

Para la correcta selección de un portainjerto, se deben tener en cuenta varios factores: i) vigor: un buen control de éste, reduce los gastos de poda, raleo, ortopedia, cosecha y la posibilidad de plantaciones más densas; ii) compatibilidad con el cultivar seleccionado; iii) fructificación: rapidez en la entrada en producción, rendimiento potencial y calidad de los frutos; iv) buena adaptación a condiciones edafoclimáticas; v) resistencia a problemas fitosanitarios y; vi) buen anclaje y ausencia de sierpes (Lemus, 2005).

Así, Colt (*P. avium* x *P. pseudocerasus*), que es el portainjerto en estudio, tiene características como una mejor compatibilidad con la mayoría de las variedades, tanto dulces como ácidas; retarda la maduración en algunos días y tiene un buen enraizamiento. También, requiere suelo con buen drenaje, aunque es moderadamente resistente a la asfixia y sensible a estrés hídrico. Es moderadamente resistente a pudrición de raíces, resistente a cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*), pero muy sensible a *Agrobacterium* spp. (Leiva et al., 2018).

Por su lado, la variedad 'Santina' que es la variedad en estudio, es una variedad de origen canadiense, temprana, firme, de piel atractiva y brillante. Además, presenta un sabor

moderadamente dulce para ser temprana, autofértil, pero tiende a regular su carga y moderadamente resistente a partidura de frutos (Lemus, 2005; Quero-García et al., 2017).

2.3 Consideraciones para el uso de cubiertas plásticas

2.3.1 Partidura o *cracking*

La principal causa por la cual se produce este desorden fisiológico se debe a cuando la superficie de la fruta o piel entra en contacto con agua por un periodo prolongado de tiempo siendo este mayor a dos horas y llegando a un máximo de daño a las 6 horas (Yuri et al, 2010). Las células debajo de la cutícula absorben agua por osmosis, aumentan su volumen y causan la separación de la cutícula respecto de la pared celular epidermal, y en consecuencia se producen fracturas cuticulares (Ellena, M. 2012). Sin embargo, no es el único medio por el cual se produce la partidura, además, el árbol puede absorber agua de lluvia excesiva en la zona de la raíz y aumentar la turgencia interna dentro del sistema conductivo del árbol, que se extiende a la fruta y causa la hinchazón y posterior agrietamiento de esta. En relación con esto, Lang et al. (2014) señala que tanto las cubiertas a dos aguas y los macro-túneles no pueden evitar este tipo de agrietamiento a menos que se utilice algún tipo de sistema que evacue el agua de lluvia de las hileras antes de que pueda ingresar a la zona de raíces.

Así, existen diferentes tipos de partidura dependiendo de las características del varietal y de la gravedad del fenómeno, quedando clasificadas de la siguiente manera: i) partiduras concéntricas en el extremo pistilar; ii) partiduras laterales: las cuales se manifiestan con lluvias importantes; y iii) partiduras en la cavidad peduncular: provocadas por acumulaciones de agua en esa zona (Joublan, 2004).

Este desorden es uno de los principales problemas que limitan la comercialización de cerezas en Chile debido a las lluvias que se pudiesen producir durante la maduración de los frutos, afectando la calidad, produciendo que, en algunas temporadas, puede significar la pérdida total de la producción. La variedad 'Regina' y 'Kordia' son las más resistentes a este desorden, en cambio, 'Bing', 'Brooks', 'Chinook', 'Lambert' y 'Royal Ann' son las más sensibles (Ellena, 2012).

Las alternativas de control para partidura según Joublan (2004), son:

- Uso de cubiertas plásticas.

- Tratamientos preventivos en base de calcio y lípidos aplicados directamente antes de la lluvia.
- Aplicaciones de precosecha de soluciones de calcio sólo y/o en mezcla con otros fertilizantes foliares y ácido giberélico han disminuido la incidencia de partidura.
- Secado de la película de agua mediante el uso de aire (p.ej., nebulizadores y helicópteros).
- Un buen manejo del riego sin grandes fluctuaciones de humedad en el suelo.
- Uso de cubiertas vegetales para acelerar la absorción de agua por parte del suelo.
- Manejo del follaje para permitir una buena ventilación de los árboles y con esto un secado más rápido de la fruta.

2.3.2 Efectos del uso de cubiertas plásticas

Entre los efectos a los que apuntan las cubiertas plásticas en cerezos según Lang (2017), se encuentran:

- Protección contra la partidura.
- Anticipación de los estados fenológicos del cultivo.
- Protecciones adicionales como:
 - Protección contra viento y granizo.
 - Protección contra el daño de aves.
 - Protección contra enfermedades e insectos.

2.4 Efectos del macro túnel sobre el cultivo del cerezo

2.4.1 Crecimiento vegetativo

La temperatura es un factor fundamental que condiciona el crecimiento de diferentes cultivos, entre ellos el cerezo. Ésta influye notablemente en los procesos biológicos de las plantas, sobre el comportamiento vegetativo-productivo de los árboles, teniendo un óptimo crecimiento a temperaturas que se encuentran entre los 18 y 24°C y un crecimiento limitado por sobre los 36°C pudiendo provocar frutos dobles. Por otro lado, en relación con la floración el rango óptimo de temperatura esta entre los 20 y 25°C y una detención del crecimiento del tubo polínico con temperaturas entre los 5 o 6°C (Lemus, 2005).

Por su parte, la luz, es un factor primordial para la fotosíntesis y fotomorfogénesis de la planta y del fruto. Esta actúa, junto a otros factores, en la coloración de los frutos y sobre la formación de

las yemas reproductivas (yemas florales). La disminución de la luz, asociada a una escasa temperatura, causa una reducción en el número de yemas florales formadas; por el contrario, un aumento de luz y de temperatura (dentro del rango óptimo) favorece la formación de fruta (Ellena, M., 2012).

En estudios realizados para evaluar la influencia de las condiciones micro ambientales producidas por los macro-túneles, Kadir et al., (2006), señaló que las frutillas (*Fragaria* spp.) bajo esta condición aumentó el área foliar, incrementó el número de hojas y la biomasa de brotes. La reproducción asexual se vio favorecida con más coronas ramificadas con respecto a las condiciones de campo (testigo). Salamé-Donoso et al., (2014), por su lado, señalaron que las plantas crecieron más durante la primera temporada que las que se encontraban a campo abierto, pero durante la segunda temporada no se encontraron diferencias entre ambas condiciones.

Ogden y Van Lersel (2009), indicaron que, para la producción de arándanos en macro-túnel, el crecimiento vegetativo fue más rápido que en el exterior, lo cual les permitió entrar antes en producción; pero señalaron que la fruta fue de menor calidad en comparación con la producida al exterior.

Lang (2014), observó que cuando se realizó la plantación de cerezos bajo condiciones de macro-túnel, las plantas aumentaron la altura del árbol en un 24% y las hojas aumentaron su tamaño en un 20% más con relación al testigo, afirmando que las plantas ocupan el espacio más rápido y pueden entrar antes en producción. Además, Lang et al., (2017), observó un incremento de la temperatura, la cual aumenta el crecimiento vegetativo de las plantas teniendo una mayor superficie foliar bajo estas condiciones.

Heckler (2017), por su parte mostró que, en la producción de lechugas bajo macro-túnel, éstas tenían un crecimiento más rápido y homogéneo que las producidas al exterior, alcanzando mayores rendimientos. Esto lo atribuyeron a que las lechugas en el interior tenían una temperatura más controlada y no sufrieron ningún estrés térmico.

2.4.2 Plagas y enfermedades

El manejo fitosanitario en esta especie requiere considerar necesariamente las siguientes plagas y enfermedades de frecuente incidencia en la Región del Maule: Pudrición de la base del tronco (*Phytophthora* sp.), cáncer bacterial (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*), verticilosis (*Verticillium*

sp.), pudrición morena o tizón de la flor (*Monilinia laxa*), siendo el control de estas enfermedades un factor económico clave. Entre las plagas a considerar en forma frecuente se presentan: escama de San José (*Diaspidiotus perniciosus*), trips de california (*Frankliniella occidentalis*), gusano de los penachos (*Orgyia antiqua*) y chape del cerezo (*Cariloa cerasi*) (Leiva et al., 2018).

Lang et al., (2014), señala que los macro-túneles disminuyen la incidencia de cáncer bacterial, debido a que esta enfermedad se disemina principalmente por la lluvia. Por el contrario, los problemas de enfermedades o plagas que se incrementaron en los macro-túneles incluyeron el oídio (*Podosphaera clandestina*), arañita bimaclada (*Tetranychus urticae*), arañita roja europea (*Panonychus ulmi*) y la escama de San José (*Diaspidiotus perniciosus*).

2.4.3 Estado hídrico de la planta

El cerezo presenta una particularidad respecto a otros frutales de hoja caduca, y es que el período de crecimiento y maduración del fruto coinciden con el crecimiento vegetativo, por lo tanto, alteraciones en el potencial hídrico durante ese período generan partiduras en el fruto (Leiva et al, 2018). Por otra parte, se acepta un moderado estrés hídrico durante el endurecimiento del carozo y no posteriormente, durante el desarrollo rápido del volumen del fruto, período en el cual la humedad de suelo no debe faltar, en caso contrario el árbol se predispone a presentar partiduras en frutos y cáncer bacterial (Ferreira y Sellés, 1997).

Massacci et al. (2000), destacan que en Italia las plantas bajo cubiertas plásticas tenían una menor tasa de transpiración que las plantas del exterior durante gran parte del día, siendo algo similares a la hora de mayor demanda, el resto del día hubo una gran diferencia entre ambas condiciones. Sin embargo, similares pero contradictorias mediciones se realizaron en Chile por Flores (2017), demostrando que la planta posee una mayor transpiración bajo condiciones de cubiertas plásticas.

2.4.4 Polinización

El cerezo es un frutal de polinización entomófila, es decir, requiere de la acción de insectos polinizadores para trasladar los granos de polen desde una flor a la otra. El agente polinizador más utilizado es la abeja (*Apis mellifera*), la cual trabaja eficientemente entre los 15-26 °C. Su actividad se ve disminuida hasta llegar a anularse con temperaturas por debajo de los 10-12 °C (Donoso et al., 2011).

Lang (2014), señaló que, durante el primer año de investigación en Michigan, encontró que los rendimientos en el macro-túnel fueron la mitad que los árboles sin cubierta, atribuyéndolo al uso de abejas europeas (*Apis mellifera*), ya que las cubiertas de plástico afectaron la luz espectral (UV), que utilizan las abejas para navegar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y antecedentes de la zona

El ensayo se realizó en el Huerto Santa Carmen de la empresa Inés Escobar S.A., en la comuna de Sagrada Familia, Región del Maule (35°01'41.7" S 71°26'50.6" W).

La precipitación anual fue de 455 mm para el año 2017 y 355 mm para el año 2018 (Agroclima, 2019), encontrándose con estación seca entre los meses de diciembre a marzo. El suelo se encuentra en la Serie La Campana de clase de uso I y II. Esta serie es de origen sedimentario, con suelos profundos, de textura superficial franco limosa y franco arcillo limosa en los perfiles inferiores (Rojas, 2005).

El material vegetal son árboles de cerezo variedad 'Santina', en tres condiciones: al aire libre (T0), bajo cubiertas plásticas a dos aguas (T1) y macro-túnel (T2). Este cultivar se encuentra injertado sobre patrón Colt y fueron establecidos el año 2012. Tanto las cubiertas a dos aguas como el sistema bajo macro-túnel fueron implementadas antes de iniciar la temporada 2018-2019. El marco de plantación en los tres casos es de 4 x 2,2 metros teniendo un total de 1136 plantas por hectárea. La orientación de las hileras es este-oeste y los árboles están conducidos en *Kym Green Bush* (KGB). Por último, tanto el riego como y la fertilización en los tres tratamientos se realizan a través de un sistema de riego por goteo que es alimentado por el canal de regadío Lo Rojas o San Juan que atraviesa el huerto (Ministerio de Agricultura, 2019).

3.2 Materiales y dimensiones de los sistemas de cubiertas plásticas

El sistema bajo cubierta a dos aguas utilizó como cubierta plástica un polietileno de alta densidad (HDPE) de tipo rafia con un espesor de 250 μm , el cual consiste en un entramado del polímero. Este es sostenido por una estructura de postes de madera y alambres, con un sistema de despliegue y repliegue manual y cuyas dimensiones son: altura máxima 4 m y con un ancho de cubrimiento aproximado de 4 m (**figura 2**).

Por su parte, el sistema bajo macro-túnel utilizó el mismo material (HDPE), pero en este caso correspondió a un polímero continuo con un espesor de 150 μm , la cual se sostenía sobre una estructura tipo arco, cuyo material es metálico con paredes de HDPE en los extremos del sistema y

cuyas dimensiones son: altura máxima 4,5 m, ancho 8 m la cual cubría dos hileras de plantación y una profundidad de 12 m entre cada estructura metálica (**figura 2**).

3.3 Radiación y diferencia de temperatura bajo los sistemas de cubiertas plásticas

Bajo ambos sistemas de cubiertas plásticas se realizaron mediciones de radiación las cuales indicaron que bajo cubierta a dos aguas la transmisión de radiación total se redujo en un 18%, la PAR en un 27% y la UV-B un 46%. Por otro lado, el sistema bajo macro-túnel redujo la radiación total en un 15%, la PAR en un 23% y la UV-B un 98%. Estos antecedentes en relación a una radiación total de 1.051 W m^{-2} , PAR de $2.046 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y una UV-B de $24,8 \mu\text{W cm}^{-2}$, las cuales corresponden a mediciones del tratamiento control.

En relación con la temperatura, el sistema bajo macro-túnel aumentaba, aproximadamente, la temperatura media en 3°C , la mínima $0,3^\circ \text{C}$ y la máxima 7°C , en relación con la temperatura control. Esto seguido por la cubierta a dos aguas la cual presentó un aumento de la temperatura media de 1°C , la mínima no presentaba variaciones y la máxima aumentaba en 5°C la temperatura control.

3.4 Manejos

La cubierta a dos aguas se desplegó desde prefloración hasta 20 días después de plena flor (DDPF), donde se replegó y desde ese momento se desplegaba solo antes de una lluvia o helada pronosticada (**figura 3**). Por su parte el sistema bajo macro-túnel se implementó desde prefloración manteniendo abiertas las paredes durante toda la floración para favorecer el vuelo de las abejas y luego estas se bajaron. Desde caída de pétalos en adelante se abría para regular la temperatura cuando esta superaba los 25°C y se volvía a cerrar cuando las temperaturas estaban inmediatamente bajo los 10°C (**figura 3**). La cubierta plástica del macro-túnel se mantuvo instalado hasta terminada la cosecha (fines de noviembre).

Finalmente, los manejos: fitosanitarios, fertilización y riego (un solo bloque de riego), fueron realizados de manera uniforme para los tres tratamientos.

3.5 Diseño experimental

Los tres tratamientos se encontraban en distintos cuarteles del mismo huerto con una superficie de estudio de media hectárea cada uno. La obtención de muestras de expresión vegetativa se realizó el 23 de enero de 2019, a los 125 DDPF.

Se consideraron 10 árboles por tratamiento elegidos al azar, de los cuales de cada uno se extrajeron cuatro brotes anuales homogéneos, por cada tratamiento (T0, T1 y T2) (**cuadro 3.1**). Con ello se evaluó la influencia de los diferentes ambientes sobre los parámetros vegetativos de la planta, los cuales fueron analizados estadísticamente con un diseño completamente al azar (DCA), considerando que cada tratamiento tiene 10 repeticiones (árboles) cuya unidad muestral corresponde a 4 brotes por árbol, es decir cada repetición corresponde al promedio de los 4 brotes.

Cuadro 3.1. Tratamientos, condiciones, cultivar y portainjerto a estudiar.

Tratamiento	Condición	Variedad / Portainjerto
T0	Sin Cubierta	'Santina' / Colt
T1	Cubierta a dos aguas	'Santina' / Colt
T2	Macro túnel	'Santina' / Colt

3.6 Mediciones vegetativas del árbol

Las mediciones de área sección transversal del tronco (ASST) (cm²), metros lineales de ejes por árbol y por hectárea, altura de copa (m), altura del árbol y ancho de la copa en la sobre hilera y entre hilera, se realizaron a los mismos 10 árboles por tratamiento de los cuales se extrajeron los brotes anuales.

3.6.1 Área sección transversal del tronco

Se calculó el área del tronco (cm²) midiendo el perímetro (P) con una cinta métrica a una altura de 20 cm sobre el injerto y calculando el área con las siguientes fórmulas:

$$(1) P = 2\pi * r$$

Despejando la fórmula queda:

$$(2) r = P / 2\pi$$

Finalmente, el cálculo del área (A) de una circunferencia:

$$(3) A = \pi * r^2$$

3.6.2 Metros de ejes por árbol y por hectárea y dimensiones del árbol

Por medio de una regla topográfica se midió: i) altura del árbol y de copa, ii) ancho en la entre hilera (ACEH), iii) ancho de copa sobre hilera (ACSH) y iv) número de ejes por árbol (N° ejes/árbol). Con ello se estimó los metros de ejes por árbol (m ejes/árbol) y kilómetros por hectárea (km ejes/ha) con la siguiente ecuación:

$$(4) \text{ m ejes/árbol} = \text{N}^\circ \text{ ejes/árbol} \times \text{altura de copa}$$

$$(5) \text{ km ejes/ha} = \text{m ejes/árbol} \times \text{N}^\circ \text{ plantas/ha}$$

Donde: N° plantas/ha = 1136

3.7 Mediciones vegetativas del brote anual

Las mediciones de largo de brote (cm), número de entrenudos, largo de entrenudos (cm), número de hojas por brote, número de hojas por metro lineal y peso de hojas por brote (g), se realizaron luego de extraer 4 brotes anuales a 10 árboles elegidos al azar.

3.7.1 Largo del brote

Se utilizó una cinta métrica para determinar la longitud del brote (cm).

3.7.2 Número de entrenudos

Se realizó en conteo del total de entrenudos de cada brote de forma manual.

3.7.3 Distancia de entrenudos

Se estimó dividiendo el largo del brote (cm) con el número de entrenudos.

3.7.4 Número de hojas por brote

Esta evaluación se realizó contando el número de hojas por brote para luego determinar el número de hojas por metro lineal.

3.7.5 Número de hojas por metro lineal

Se estimó el número de hojas por metro lineal tomando como referencia cada brote medido. Esto se realizó tomando en cuenta la siguiente fórmula:

$$(6) \text{ Número de hojas por metro lineal} = (100 \times N^{\circ} \text{ de hojas por brote}) / \text{Largo del brote anual}$$

Donde 100 es la cantidad de centímetros de un metro.

3.7.6 Peso de hojas por brote

Se pesó en una balanza analítica el peso fresco (g) de las hojas por brote.

3.8 Mediciones vegetativas de la hoja

Las mediciones específicas a la hoja se realizaron calculando el área (cm²) y peso de una hoja (g), área específica (cm²) y porcentaje de materia seca (%).

3.8.1 Área de la hoja

Se determinó el área de la hoja (cm²) con el medidor área foliar LI-COR (LI-3100) + Datalogger LI-COR, donde se midió el total del área de las hojas de los 4 brotes por repetición.

3.8.2 Peso de la hoja

Se consideró el peso foliar por brote y se dividió por la cantidad de hojas por brote.

3.8.3 Área específica de la hoja

Se estimó con la siguiente ecuación:

$$(7) \text{ Peso por centímetro cuadrado de hoja} = \text{Peso de la hoja} / \text{área de la hoja}$$

3.8.4 Porcentaje de materia seca foliar

Se deshidrataron las hojas en la estufa Heraeus (D-6450 Hanau), a 60 °C durante 7 días y posteriormente, se pesaron las muestras secas.

El porcentaje de materia seca se estimó a través de la siguiente fórmula:

$$(8) \% \text{ Materia Seca} = (\text{Peso seco (g)} / \text{Peso fresco (g)}) \times 100$$

3.9 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico con el programa Statgraphics versión 18-X64, utilizando un análisis de varianza simple (ANDEVA), donde se analizaron los datos como un diseño completamente al azar (DCA) y una separación de medias con el test LSD al 95% de exigencia, considerando diferencias estadísticas con un valor $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Mediciones vegetativas del árbol

Las plantas de cereza del tratamiento control (T0) y las plantas bajo cubierta a dos aguas (T1), no tuvieron diferencias significativas entre sí en relación con los parámetros vegetativos del árbol. Por el contrario, el tratamiento bajo macro-túnel (T2), tuvo diferencias significativas con los demás tratamientos; el cual presentó un menor largo de ejes total por planta y por hectárea y menor altura de copa, altura del árbol, ancho de copa en la sobre hilera (ACSH) y ancho de copa en la entre hilera (ACEH). Además, no presentó diferencias en el área de sección transversal del tronco (ASTT) como se esperaba (**cuadro 4.1**).

Las plantas del tratamiento bajo cubiertas plásticas (T1 y T2) mostraron similitudes en algunos parámetros los cuales son: número de ejes por árbol, ASTT, altura de copa y ACEH. Sin embargo, las variables largo de ejes total por planta y por hectárea, altura del árbol y ACSH mostraron discrepancias las cuales resultaron ser mayores en el sistema bajo cubierta a dos aguas (**cuadro 4.1**).

En relación con el ASTT, Balkhoven-Baart y Groot (2005), señalan que independiente del sistema de conducción del árbol, el ASTT es menor cuando las plantas son sometidas bajo cubiertas plásticas.

Por otro lado, resultados obtenidos por Lang y Valentino (2011), señalan que la biomasa vegetativa del árbol es un 24% mayor en el sistema bajo macro-túnel sobre el tratamiento control, mismos resultados entregados Balmer et al. (2005) y Blanke y Balmer (2008), éste último atribuye este resultado a un aumento de la temperatura de suelo, una disminución de la radiación PAR y una mayor temperatura del aire.

Cuadro 4.1. ANDEVA de los parámetros vegetativos medidos al árbol (largo de ejes, número de ejes, área sección transversal del tronco (ASTT), altura de copa, altura del árbol, ancho de copa en la sobre hilera (ACSH) y ancho de copa en la entre hilera (ACEH)), para los tratamientos sin cubierta (T0), cubierta a dos aguas (T1) y macro-túnel (T2), medidas 125 DDPF, en el Huerto Santa Carmen, comuna de Sagrada Familia, Región del Maule. Temporada 2018-2019.

Tratamientos	Largo ejes (m/árbol)	Largo ejes (km/ha)	Ejes/árbol (N°)	ASTT (cm ²)	Altura copa (m)	Altura árbol (m)	ACSH (m)	ACEH (m)
T0	67,5 a	76,7 a	21	175,1	3,3 a	3,6 a	3,9 a	3,0 a
T1	64,5 a	73,2 a	21	149,9	3,1 ab	3,5 a	3,7 a	2,8 ab
T2	53,6 b	60,9 b	18	146,0	2,9 b	3,3 b	2,9 b	2,5 b
Valor p	0,001	0,001	0,116	0,078	0,025	0,007	0,000	0,017
Significancia	**	**	n.s	n.s	*	**	**	*

Promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente, test LSD valor $p \leq 0,05$. n.s = no significativo; * = significativo ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativo (valor $p \leq 0,01$).

4.2 Mediciones vegetativas de los brotes anuales

Las plantas de cerezo de los tratamientos control (T0) y cubierta a dos aguas (T1), resultaron tener similitudes en los parámetros vegetativos de largo de entrenudos, número de hojas por metro lineal y peso de hojas por brote. Pero los parámetros de largo de brote, número de entrenudos y hojas por brote resultaron ser mayores en la cubierta a dos aguas (**cuadro 4.2**).

Al comparar entre T0 y las plantas bajo macro-túnel (T2), estos no registraron diferencias estadísticas para los parámetros largo de brotes, número de hojas por metro lineal y peso de hojas por brote. En cambio, T2 resultó tener un mayor número de entrenudos y hojas por brote y un menor largo de entrenudos en comparación con T0 (**cuadro 4.2**).

Por otro lado, las plantas bajo cubiertas plásticas (T1 y T2), resultaron tener semejanzas para los parámetros de largo del brote, número de entrenudos, número de hojas por brote y metro lineal y peso de hojas por brote. Sin embargo, el largo de entrenudos resultó ser mayor en T1 (**cuadro 4.2**).

Blanco et al. (2019), realizó un estudio en la misma zona (Sagrada Familia, Región del Maule, Chile), el cual obtuvo similares resultados, destacando que no hubo diferencias entre T0 y T2 en relación con el largo de brotes. Lo anterior, no concuerda con Lang (2014) y Lang y Valentino (2011), quienes afirman que la longitud de los brotes es consistentemente mayor en T2. Por otro lado, en relación con T1, Wallberg y Sagredo (2014), señalan que los brotes son más largos en este sistema en contraste con T0.

Cuadro 4.2. ANDEVA de parámetros vegetativos medidos al brote del año (largo del brote, número de entrenudos, largo de entrenudos, número de hojas por brote, número de hojas por metro lineal y peso de hojas por brote), para los tratamientos sin cubierta (T0), cubierta a dos aguas (T1) y macro-túnel (T2), medidas 125 DDPF, en el Huerto Santa Carmen, comuna Sagrada Familia, Región del Maule. Temporada 2018-2019.

Tratamientos	Largo del brote (m)	N° de entrenudos	Largo de entrenudos (cm)	N° de hojas/brote	N° hojas/m lineal	Peso hojas por brote (g)
T0	43,5 a	16,6 b	2,6 a	19,3 b	45	39,5
T1	52,9 b	19,9 a	2,6 a	21,9 a	43	41,9
T2	47,1 ab	21,3 a	2,2 b	21,7 a	47	43,0
Valor p	0,054	0,000	0,003	0,039	0,713	0,377
Significancia	*	**	** (T)	*	NS (T)	NS

Promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente, test LSD valor $p \leq 0,05$. N.S = no significativo; * = significativo ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativo (valor $p \leq 0,01$).

(T) = Transformaciones; para largo entrenudos con raíz cuadrada (SQRT) y para número de hojas por metro lineal con tangente (TAN).

4.3 Mediciones vegetativas de las hojas de los brotes anuales

Para las mediciones específicas a la hoja, el tratamiento control (T0) y las plantas bajo cubierta a dos aguas (T1), no presentaron diferencias para área y peso de la hoja y el área específica. Sin embargo, T1 presentó un menor contenido de materia seca. Por otra parte, entre T0 y el sistema bajo macro-túnel (T2) no presentaron diferencias estadísticas para los parámetros de la hoja (**cuadro 4.3**).

Las plantas bajo cubiertas plásticas (T1 y T2), resultaron no tener diferencias en relación con el área y peso de la hoja. Sin embargo, las plantas de T1 resultaron tener una menor área específica y contenido de materia seca (**cuadro 4.3**).

Blanke y Balmer (2008), señalan que las hojas poseen una mayor área en T2, mismos resultados obtenidos por Lang (2014) y Lang y Valentino (2011). Sin embargo, Blanco et al. (2019), no obtuvo diferencias entre los tratamientos (T0 y T2). Por otra parte, Wallberg y Sagredo (2014), señalan que en T1 el área de la hoja es mayor.

Cuadro 4.3. ANDEVA de los parámetros vegetativos medidos a las hojas del brote anual (área de la hoja, peso por hoja, peso por cm² de hoja y porcentaje de materia seca de las hojas), para los tratamientos sin cubierta (T0), cubierta a dos aguas (T1) y macro-túnel (T2), medidas 125 DDPF, en el Huerto Santa Carmen, comuna Sagrada Familia, Región del Maule. Temporada 2018-2019.

Tratamientos	Área de la hoja (cm ²)	Peso por hoja (g)	Área específica de la hoja (g/cm ²)	Materia seca (%)
T0	71,6	2,1	0,028 ab	43,1 a
T1	70,0	1,9	0,027 b	42,1 b
T2	66,4	1,9	0,030 a	43,4 a
Valor p	0,430	0,562	0,007	0,013
Significancia	NS	NS	**	*

Promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente, test LSD valor $p \leq 0,05$. N.S = no significativo; * = significativo ($p \leq 0,05$); ** = altamente significativo (valor $p \leq 0,01$).

Con el tiempo los plásticos sufren degradación, la cual depende de factores que afectan la cohesión de los enlaces del polímero, que les hace perder la resistencia quedando más susceptibles a la rotura lo cual permite de cierta manera que el ingreso de la luz hacia al dosel de la planta sea des uniforme y, en consecuencia, podría sufrir distintas respuestas de las plantas entre temporadas. Algunos de factores que gatillan esta degradación según Alfaro (2017) y Lang (2014) pueden ser:

- Temperatura:** el plástico puede perder su resistencia mecánica y por consecuencia tener roturas que hacen que la luz ingrese de manera des uniforme al dosel de la planta.
- Radiación:** especialmente la radiación UV que disminuye la vida útil del material.

- c. Aplicaciones foliares de productos químicos: estos al tratarse de suspensiones, ya sea líquidas o polvo, luego de aplicado se queda adherida en las plantas y en la cubierta plástica, impidiendo el ingreso uniforme de la radiación.

Otros factores, aun más importantes, son la disponibilidad de radiación acumulada mensual y las temperaturas medias en una región geográfica específica, las cuales, por ejemplo, son menores en el caso de Michigan, Estados Unidos en relación con Chillán, Chile (**figura 4.1**) afectando de esta forma el crecimiento vegetativo de la planta. Así, el tipo de clima (**cuadro 4.4**) sería distinto lo cual haría que las plantas se comporten de manera diferente y, en consecuencia, que los resultados encontrados en esta zona (Sagrada Familia), sean tan distintos a otras como por ejemplo Michigan (EE. UU) o Bonn (Alemania).

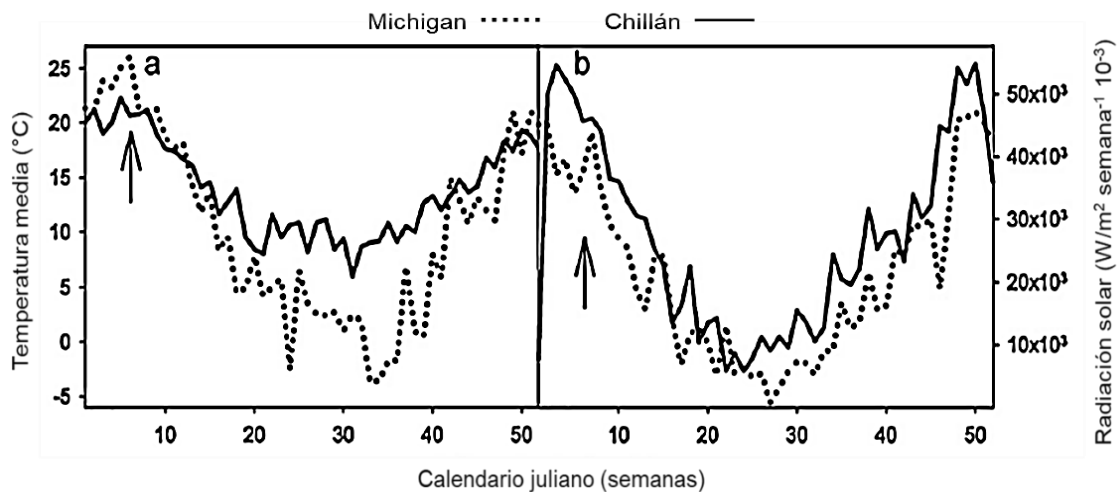


Figura 4.1. Temperatura media diaria (°C) (a) y radiación solar diaria ($W\ m^{-2}\ semana^{-1}\ 10^{-3}$) (b) promediadas para 2006 y 2007 en Chile (Chillán) y EE. UU. (Michigan). El número de la semana en EE. UU. se emparejó con el número de la semana chilena (a partir del 1 de enero) utilizando el peak de cosecha en los controles como el evento fenológico común. Las flechas indican la semana 6 y 32 en Chile y Estados Unidos, respectivamente. **Fuente:** adaptado de Lobos et al. (2012).

Cuadro 4.4. Ubicación geográfica (latitud) y tipo clima para las distintas ciudades con los cuales se contrasta este estudio.

Estudio	Ciudad y país	Latitud	Clima
Balkhoven-Baart y Groot (2005)	Randwijk y Holanda	52° N	Oceánico, templado frío
Balmer et al. (2005)	Bonn, Alemania	50° N	Oceánico, templado frío
Blanke y Balmer (2008)	Bonn, Alemania	50° N	Oceánico, templado frío
Lang (2014)	Michigan, EE. UU	44° N	Continental húmedo
Lang y Valentino (2011)	Michigan, EE. UU	44° N	Continental húmedo
Wallberg y Sagredo (2014)	Collipulli, Chile	37° S	Mediterráneo y oceánico lluvioso
Blanco et al. (2019)	Sagrada Familia, Chile	35° S	Mediterráneo templado

Fuente: Inzunza (2006).

Por lo tanto, entre más al sur o norte se encuentre la zona de implementación de estos sistemas de cubiertas plásticas, se deberán tener en cuenta, además de los factores del material, la ubicación geográfica, la temperatura media, la radiación acumulada y el tipo de clima presente, ya que estas se ven afectadas a medida se alejan de la línea ecuatorial, teniendo días más nublados y menores temperaturas medias, factores determinantes en el crecimiento vegetativo de la planta.

4 CONCLUSIONES

- La hipótesis planteada no fue cumplida probablemente porque en Sagrada Familia, las condiciones de radiación y temperatura son suficientemente benéficas y la implementación cubiertas plásticas no significó un aumento considerable en los parámetros vegetativos.
- En relación con los brotes, el sistema bajo macro-túnel aumentó en número de hojas y las cubiertas a dos aguas aumentó en longitud.
- El largo de ejes por árbol y por hectárea resultó ser menor en el sistema bajo macro-túnel debido posiblemente a la condición inicial de poda y a una menor altura de copa en relación con el control.
- El área de sección transversal del tronco no se vio afectado por el uso de cubiertas plásticas.
- Las plantas bajo cubiertas a dos aguas presentaron un menor contenido de materia seca.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfaro, R. 2017. El ABC de los techos. Mundoagro. Santiago, Chile. [En línea] Recuperado en: <http://www.mundoagro.cl/columnas/el-abc-de-los-techos/> Consultado el: 19 de junio del 2019

Agroclima. 2019. Estación metereológica de Sagrada Familia. Datos entregados por Agroclima.cl. [En línea] Recuperado en: <http://www.agroclima.cl/InformesAgroclima/Precipitacion.aspx?IdEst=157&Infor=22&Tipo=2> Consultado el: 01 de abril del 2019

Balkhoven-Baart, J. M. T., y Groot, M. J. 2005. Evaluation of “Lapins” sweet cherry on dwarfing rootstocks in high density plantings, with or without plastic covers. Acta Horticulturae, 667, 345–352. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.49>

Balmer, M., Kunz, A., y Blanke, M. 2005. Verfrühung von süßkirschen unter geschlossener folie. Erwerbs-Obstbau, 47(4), 78–86. <https://doi.org/10.1007/s10341-005-0062-5>

Barton, D, Chen, Y, y Jin, A. 2013. Mapping China’s middle class. McKinsey Quarterly Company. Tokio, China. 7 p.

Blanco, V., Pablo, J., y Ayala, M. 2019. High tunnel cultivation of sweet cherry (*Prunus avium* L.): Physiological and production variables. Scientia Horticulturae, 251(February), 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.023>

Blanke, M. M., y Balmer, M. 2008. Cultivation of sweet cherry under rain covers. Acta Horticulturae, 795 PART 2(April 2004), 479–484. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.72>

Cazanga, R., Leiva, C., Von Bennewitz, E., Quiñones, X., Fredes, C., Hernández, JP., Norambuena, P., Varas, F. y Retamal, M. 2013. Antecedentes técnicos y económicos para la producción de cerezo en la región del Maule. Publicación CIREN N° 172. Editado por Cazanga, R. & Leiva, C. Chile. 46 p.

Donoso, J., Lemus G., Muñoz, C. y Desmartis D. 2011. Consideraciones para optimizar la polinización en huertos de cerezos (*Prunus avium* L.). Revista tierra adentro: 20-24. [En línea] Recuperado en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38025.pdf> Consultado el: 11 de noviembre del 2018.

Ellena, M. 2012. Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce. Boletín INIA N° 247, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco. 201 p.

Fedefruta. 2018. Exportaciones de cerezas chilenas podrían duplicarse en los próximos cinco años. Informativo frutícola. Federación de productores de fruta (Fedefruta), Chile. [En línea] Recuperado en: <https://fedefruta.cl/exportaciones-de-cerezas-chilenas-podrian-duplicarse-en-los-proximos-cinco-anos/>

Consultado el: 03 de octubre del 2018.

Ferreira, R. y Sellés, G. 1997. Manejo del riego en condiciones de restricción hídrica. Serie La Platina N° 67. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile. 36 p.

Flores, C. 2017. Uso del cobertor antipartidura y su efecto sobre la calidad y condición de la fruta y fisiología de cerezos (*Prunus avium* L.) cultivares Bing y Regina. Memoria de pregrado, Universidad de Talca, Talca. 35 p.

Grau, P. 2007. Cultivo del cerezo en el secano interior de la región del Bío-Bío. Boletín INIA N° 63. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán. 158 p.

Heckler, S. 2017. Quantifying how high tunnels create a microclimate for improved crop growth. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Geography. University of Nevada, USA. 133 p.

Inzunza, J. 2006. Cap. 14. Climas de la Tierra. Meteorología Descriptiva. Universidad de Concepción Departamento de Geofísica. Concepción. 401-431 pp.

Joublan, J. y Claverie, J. 2004. El Cerezo, guía técnica. Universidad de Concepción. Fundación para la innovación agraria (FIA). Chillán. 334 p.

Kadir, S., Carey, E., y Ennahli, S. 2006. Influence of High Tunnel and Field Conditions on Strawberry Growth and Development. HortScience, 41(2), 329–335.

Lang, G., Valentino, T., Demirsoy, H., y Demirsoy, L. 2011. High tunnel sweet cherry studies: Innovative integration of precision canopies, precocious rootstocks, and environmental physiology. Acta Horticulturae. 903, 717–723. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.100>

Lang, G. A. 2014. Growing sweet cherries under plastic covers and tunnels: Physiological aspects and practical considerations. Acta Horticulturae. 1020, 303–312. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.43>

Lang, G. A., Sage, L., y Wilkinson, T. 2016. Ten years of studies on systems to modify sweet cherry production environments: Retractable roofs, high tunnels, and rain-shelters. Acta Horticulturae, 1130, 83–89. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1130.12>

Lang, G. 2017. Una mirada a los sistemas de cobertura de cerezo en el mundo. Informativo de la revista Red Agrícola con información del '2° Congreso técnico internacional de arándanos y cerezas, SB Group'. Chile. [En línea] Recuperado en: <http://www.redagricola.com/cl/una-mirada-los-sistemas-cobertura-cerezo-mundo/> Consultado el: 03 de octubre del 2018.

Leiva, C., Schmidt, C., Gajardo, G. y Rodríguez, A. 2018. Manual técnico productivo y económico para la producción del cerezo en la Región del Biobío, bajo condición actual y clima proyectado al 2030. Publicación Ciren N°: 216. 78 p.

Lemus, G. 2005. El cultivo del cerezo. Boletín INIA N° 133. Instituto de Investigaciones Agropecuarias La Platina (INIA), Santiago. 255 p.

Lobos, G. A., Retamales, J. B., Hancock, J. F., Flore, J. A., y Cobo, N. 2012. Spectral irradiance, gas exchange characteristics and leaf traits of *Vaccinium corymbosum* L. 'Elliott' grown under photo-selective nets. *Environmental and Experimental Botany* 75. pp 144-149. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.09.006>

Massacci, A., Pietrini, F., Centritto, M. y Loreto, F. 2000. Microclimate effects on transpiration and photosynthesis of cherry saplings growing under a shading net. *Acta Horticulturae* 2000, N° 537 (Vol.1) pp.287-291.

Meland, M., Frøyenes, O., y Kaiser, C. 2017. High tunnel production systems improve yields and fruit size of sweet cherry. *Acta Horticulturae*, 1161, 117–124. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1161.20>

Ministerio de Agricultura. 2019. Visualizador infraestructura de datos espaciales. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <http://ide2.minagri.gob.cl/publico/> Consultado el: 04 de diciembre del 2018.

Odepa. 2019. Exportaciones de frutas y hortalizas frescas. Oficina de estudios y políticas agrarias, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, Chile. [En línea] Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/certificado-fitosanitario> Consultado el: 05 de abril del 2019.

Odepa-CIREN. 2018. Catastros frutícolas 2016-2018. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, Chile. [En línea] Recuperado en: <https://reportes.odepa.gob.cl/#/catastro-superficie-fruticola-regional> Consultado el: 20 de noviembre del 2018

Ogden, A. B., y Iersel, M. W. Van. 2009. Southern Highbush Blueberry Production in High Tunnels: temperatures, development, yield, and fruit quality during the establishment years, 44(7), 1850–1856.

ProChile. 2017. Estudio de Mercado cerezas. Documento elaborado por la Oficina Comercial de Chile en Hong Kong y Macao RAE's. Ministerio de Relaciones Exteriores, Gobierno de Chile, Chile. 20 p.

Redagrícola Comunicaciones Limitada. 2018. Revista Redagrícola: Especial cerezos. Edición 96, agosto 2018. Chile. 108 p.

Robinson, L. y Domínguez, I. 2013. Production of sweet cherries under high tunnels in either the modified spanish bush and the tall spindle systems. New York fruit quarterly. Volume 21. Number 2, 25-28.

Rojas, P. 2005. La vitivinicultura y su proceso de expansión en ladera en el valle de Lontué, séptima Región del Maule. Descripción de suelos de la región del maule. Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 108 p.

Salamé-Donoso, T., Santos, B., Chandler, C. y Sargent, S. 2014. Effect of high tunnels on the Growth, Yields, and Soluble Solids of Strawberry cultivars in Florida. International Journal of Fruit Science. Volume 10: 249-263. <https://doi.org/10.1080/15538362.2010.510420>

Solorza, J. 2017. Exportación de cerezas al mercado chino: Sociedad san Francisco lo Garcés. Tesis para optar al grado de Magíster en Control de Gestión. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 132 p.

Soto, P. 2017. Cerezas, análisis de un mercado en expansión y recomendaciones de negocio para un caso aplicado. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Industrias. Santiago, Chile. 117 p.

Wallberg, B. N., y Sagredo, K. X. 2014. Vegetative and Reproductive Development of 'Lapins' Sweet Cherry Trees under Rain Protective Covering, Acta Horticulturae. 1058. 411–418. <https://10.17660/ActaHortic.2014.1058.50>

Yuri, J.A., Hernández, O., Fuentes, M., González, J. y Torres, C. 2010. Partiduras en cerezas. Informativo Centro de Pomáceas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Chile. 5 p.

6 ANEXO FOTOGRÁFICO



Figura 1. De izquierda a derecha los tres tratamientos de este estudio: control, cubierta a dos aguas y macro-túnel.

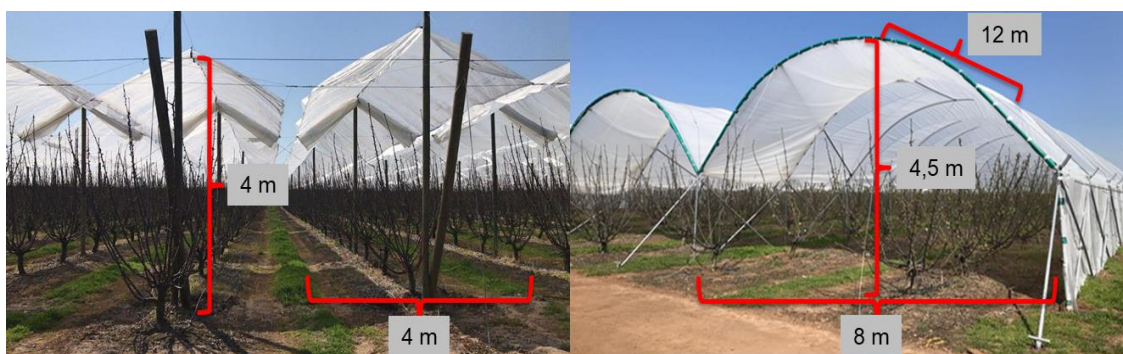


Figura 2. A la izquierda las dimensiones de la cubierta a dos aguas y a la derecha las del sistema bajo macro-túnel.



Figura 3. A la izquierda el sistema de macro-túnel abierto para ventilación diaria y a la derecha la cubierta a dos aguas replegada desde 20 ddpf.



Figura 4. Mediciones y toma de muestras vegetativas.

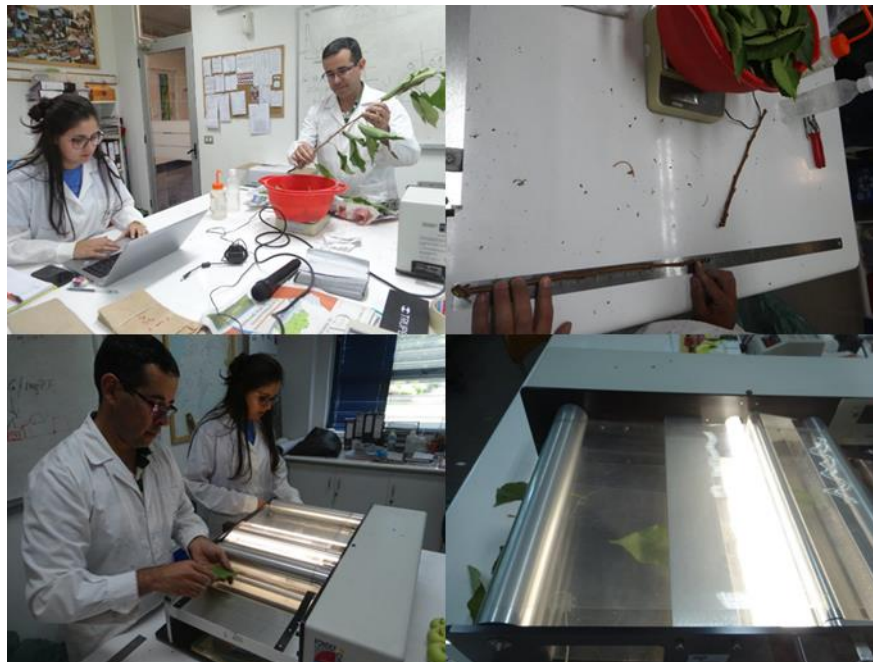


Figura 5. Mediciones en laboratorio de número de hojas, peso foliar, largo del brote, número de entrenudos y área foliar.