



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
MAGÍSTER EM HORTOFRUTICULTURA**

**CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO EN CEREZOS CULTIVAR
LAPINS: EFECTOS SOBRE LA MADUREZ Y CALIDAD DE FRUTA EN
CONDICIONES DE MANEJO CON Y SIN COBERTURA PLÁSTICA.**

**POR
VICENTE BERNARD STEINMETZ COTTON**

PROFESOR TUTOR: Dr. CÉSAR A. ACEVEDO OPAZO

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER

**TALCA - CHILE
2021**

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, 2022

Título: Caracterización del estado hídrico en cerezos cultivar lapins: efectos sobre la madurez y calidad de fruta en condiciones de manejo con y sin cobertura plástica.

Title: Characterization of the hydric state in cherry trees cultivating lapins: effects on the maturity and quality of the fruit under conditions of handling with and without plastic cover.

Por Vicente Steinmetz Cotton

Fecha Inicio: Septiembre 2018

Fecha Término: Diciembre 2021

Profesor Guía: Dr. César A. Acevedo Opazo

(Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, cacevedo@utalca.cl)

Profesor Informante: Dr. Paulo Cañete Salinas

(Departamento de Investigación, Compañía Agrícola y Forestal El Alamo, pcanete@utalca.cl)

*En especial a Emma
Steinmetz Retamal y Aranzu
Retamal Ortega, los motores para
dar lo mejor.*

A mis padres, Carole Cotton y Bernard Steinmetz; su apoyo incondicional y quienes me enseñaron que la mejor herramienta es el aprendizaje. A mis hermanos; Tomás y Cristóbal Steinmetz, quienes me enseñaron que los límites se los pone cada uno.

A Agrícola Pencahue SA (APSA); en especial a Javier Rodríguez, quien además de ser un amigo y apoyo dentro de la carrera, nos abrió el huerto para poder llevar a cabo esta investigación.

Al Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) y el Centro de Mejoramiento Genético y Fenómica Vegetal, ambos de la Universidad de Talca, quienes nos prestaron las instalaciones e instrumental para poder llevar a cabo los estudios.

A las diferentes personas que formaron parte de este documento, de manera directa o indirecta; en especial a mi amigo Daniel de la Fuente, por las inducciones y los innumerables consejos para seguir adelante.

A los doctores César Acevedo y Paulo Cañete, quienes me guiaron de manera desinteresada dentro del estudio, siendo un pilar fundamental dentro de este.

Un especial agradecimiento a la Universidad de Talca, a la Facultad de Ciencias Agrarias y al programa de Magister de Hortofruticultura, quienes me becaron con la Beca de Arancel para Magister de Horticultura y el programa de articulación de la misma facultad.

INDICE

	Página
Introducción	1
Marco Teórico	7
Cobertores plásticos	7
Efectos de la cubierta plástica sobre el fruto	8
Efectos de la cubierta plástica sobre el rendimiento	10
Efectos de la cubierta plástica sobre el estado hídrico	10
Metodología	11
Lugar experimental y material vegetal	11
Caracterización edafo-climática del ensayo	13
Mediciones de campo	14
Mediciones de estado hídrico de planta	14
Variables de madurez y calidad de fruta	15
Análisis estadístico	17
Comportamiento de las variables durante la cosecha	28
Análisis exploratorio de las variables	18
Resultados y discusión	18
Comportamiento de las variables durante las temporadas	20
Conclusiones	33
Anexos	35
Anexo 1: Fotografías explicativas de cada color del fruto en las semanas de medición.	35
Bibliografía	39

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	Página
Figura 1: Espacio de colores CIEL*a*b*	6
Figura 2: Distribución espacial de los sitios de medición en terreno. Donde las siglas SC y CC corresponden a ‘Sin Cobertor plástico’ y ‘Con Cobertor plástico’ y los números a las repeticiones de cada tratamiento, respectivamente	12
Figura 3. Histograma climático de temperaturas máximas, mínimas (°C) y precipitaciones (mm) en la zona del dispositivo experimental. Extraído de red agroclimática nacional (Agromet, 2020)	14
Cuadro 1: Color de cosecha en las semanas de medición de pinta a cosecha, imágenes referenciales a cada semana en el anexo 1.	15
Figura 4. Análisis de Componentes Principales (ACP) para las condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC). Comportamiento de las variables de calidad en la cosecha de la temporada 2018 medidas durante el estudio (Calibre (mm), Firmeza (kg cm ⁻²), Sólidos solubles (°Brix), Acidez titulable, Peso seco (g) y Peso fresco (g)).	18
Figura 5. Análisis de Componentes Principales (ACP) para las condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC). Comportamiento de las variables de calidad en la cosecha de la temporada 2019 medidas durante el estudio (Calibre (mm), Firmeza (kg cm ⁻²), Sólidos solubles (°Brix), Acidez titulable, Peso seco (g) y Peso fresco (g)).	19
Figura 6: Comportamiento del calibre para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018.	21
Figura 7: Comportamiento del calibre para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019	22
Figura 8: Comportamiento de la firmeza para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018.	23

Figura 9: Comportamiento de la firmeza para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019.	23
Figura 10: Comportamiento del peso fresco y peso seco para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018.	25
Figura 11: Comportamiento del peso fresco y peso seco para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019.	26
Figura 12: Comportamiento del contenido de sólidos solubles (°Brix) para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018.	27
Figura 13: Comportamiento del contenido de sólidos solubles (°Brix) para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019.	28
Cuadro 2: Análisis de varianza para las variables de calidad de fruta (Calibre (mm), Firmeza (kg cm^{-2}), Peso seco (g), Sólidos solubles (°Brix), Acidez titulable y Peso fresco (g)) para condiciones de Cubierta	31
Cuadro 3: Análisis de varianza para los componentes del color L^* y Hue^* para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) a cosecha final de la temporada.	31
Figura 14: Comportamiento de las dos metodologías para la medición de los componentes del color, los círculos corresponden a los datos obtenidos por la metodología a través de fotografías RGB y los triángulos a los datos obtenidos con el espectrofotómetro (CC) y Sin Cubierta (SC) a cosecha final de la temporada.	32

Caracterización del estado hídrico en cerezos cultivar Lapins: Efectos sobre la madurez y calidad de fruta en condiciones de manejo con y sin cobertura plástica.

Resumen

En los últimos 5 años la superficie de cerezos en Chile (*Prunus avium* spp.) ha aumentado en un 35%, y sus exportaciones en un 44% (ODEPA, 2020), convirtiendo a nuestro país en el primer exportador del hemisferio sur y el segundo a nivel mundial (ODEPA, 2016; iQconsulting, 2020). Sin embargo, esta condición de liderazgo como país exportador cambió durante el 2017, año en el cual las exportaciones disminuyeron un 31% con relación al año anterior y un 55% respecto a las del 2018. Esta merma en las exportaciones se explica por las precipitaciones ocurridas durante la primavera del 2017, las cuales afectaron negativamente el rendimiento final. Situación similar ocurrió en la primavera de 2019, en donde eventos de heladas en los meses de septiembre provocaron una disminución del 7% los rendimientos por hectárea (ha) con respecto a la temporada 2018-2019 (ODEPA, 2020). Estos eventos climáticos han forzado a gran parte de los productores en Chile a invertir en cobertores plásticos antilluvia para prevenir efectos negativos sobre la fruta. Sin embargo, no se tiene claridad sobre el efecto que tendría la utilización de estas nuevas tecnologías sobre la respuesta fisiológica, rendimiento, madurez y calidad de la fruta. La presente investigación implementó un dispositivo experimental en la comuna de Penco, provincia de Talca, región del Maule, Chile (Latitud 35°22'43.31''S, Longitud 71°48'32,86''O y altitud de 70 m.s.n.m.). En este dispositivo se evaluaron dos cuarteles de cerezos cultivar (cv.) 'Lapins' sobre portainjerto 'MaxMa 14' plantados el año 2015 en un marco de plantación de 4 metros entre hilera y 2 metros sobre hilera. El primero de ellos bajo cobertura plástica antilluvia de polietileno de alta densidad (HDPE) y el segundo sin cobertura. Las evaluaciones de planta fueron realizadas desde el estado fenológico de yema invernal hasta cosecha, durante dos temporadas consecutivas (2018 y 2019), las cuales se dividieron en mediciones fisiológicas de planta (potencial hídrico xilemático), mediciones de madurez en fruto (sólidos solubles, acidez titulable y pH) y de calidad de fruto (calibre, color de fruta, presión de pulpa, peso

fresco y peso seco). En base a la información recopilada se observó en el cv. Lapins con cubierta, plantas con una condición hídrica más favorable (valores de potencial hídrico menos negativos), debido a condiciones micro climáticas menos estresantes (menor radiación solar incidente y menor velocidad de viento), esta condición permitió registrar fruta de mayor calibre y peso fresco, pero con menor firmeza de pulpa y peso seco de fruta. La comparación de dos metodologías de la medición de color, demostraron un r^2 cercano al 60%, demostrando una forma más económica para la medición de este parámetro.

ABSTRACT

In the last 5 years, the area of cherry trees in Chile (*Prunus avium* spp.) has increased by 35%, and its exports by 44% (ODEPA, 2020), making our country the first exporter in the southern hemisphere and the second worldwide (ODEPA, 2016; iQonsulting, 2020). However, this leadership status as an exporting country changed during 2017, a year in which exports decreased by 31% compared to the previous year and by 55% compared to 2018. This decline in exports is explained by the rainfall that occurred during the spring of 2017, which negatively affected the yield. A similar situation occurred in the spring of 2019, where frost events in the months of September caused a 7% decrease in yields per hectare (ha) with respect to the 2018-2019 season (ODEPA, 2020). These climatic events have forced a large part of producers in Chile to invest in plastic rain covers to prevent negative effects on the fruit. However, the effect that the use of these new technologies would have on physiological response, yield, maturity and fruit quality is not clear. The present investigation implemented an experimental device in the commune of Penciahue, Talca province, Maule region, Chile (Latitude 35°22'43.31"S, Longitude 71°48'32.86"W and altitude 70 mbsl). In this device, two quarters of cherry cultivar (cv.) 'Lapins' on 'MaxMa 14' rootstock planted in 2015 in a planting frame of 4 meters between rows and 2 meters above row were evaluated. The former under high-density polyethylene (HDPE) plastic rain cover and the latter without cover. Plant evaluations were carried out from the phenological stage of winter bud to harvest, during two consecutive seasons (2018 and 2019), which were divided into plant physiological measurements (xylem water potential), fruit maturity measurements (soluble solids, titratable acidity and pH) and fruit quality (size, fruit color, pulp pressure, fresh weight and dry weight). Based on the information collected, plants with a more favorable water condition (less negative water potential values) were observed in the Lapins cv. with canopy, due to less stressful microclimatic conditions (less incident solar radiation and lower wind speed); this condition allowed recording fruit of greater caliber and fresh weight, but with lower pulp firmness and fruit dry weight. The comparison of two-color measurement methodologies showed an r^2 close to 60%, demonstrating a more economical way to measure this parameter.

Palabras clave: Sweet Cherry, Lapins, Cobertor plástico, Color, Calidad, Madurez.

I. Introducción

El cerezo en Chile en los últimos 5 años ha aumentado su superficie plantada en 17.745 hectáreas, llegando a un total de 38.396 ha en 2019 (ODEPA, 2020). Por su parte la región del Maule ha tenido un incremento de 53,9% entre el 2015 y 2019 (de 8.134 a 17.659 ha) (ODEPA, 2020). En cuanto al volumen exportado, a nivel nacional se observa un aumento de 136.933 toneladas entre el 2015 y el 2019, siendo China el principal mercado de destino de la fruta en ese año, llegando a un 88,56% de las exportaciones el 2020 (ODEPA, 2020). Chile se caracteriza por ser uno de los países exportadores de cerezas más importantes del hemisferio sur, donde más del 90% de la producción es exportada al mercado asiático, principalmente a China, puesto que coincide con la fiesta estival del año nuevo chino, donde las cerezas, manzanas y peras son los principales regalos, como símbolo de riqueza, salud y felicidad (Sun, 2010) (Chiang, Schnettler, Mora, & Aguilera, 2018); los estudios de Lee *et al.*, (2015), determinaron que los atributos intrínsecos de los frutos que determinan su calidad para su adquisición son el contenido de sólidos solubles, la firmeza, el calibre y el color, siendo este último el más importante por ser determinado sin la necesidad de tocar el fruto (Chiang *et al.*, 2018)

Este frutal es originario de la región comprendida entre el mar caspio y el mar negro (Quero-García, 2017), el cual se ha distribuido principalmente entre las zonas geográficas ubicadas entre los 35° y 55° de latitud norte y sur (FAOSTAT, 2007). La zona comprendida entre estos meridianos, presenta un clima mediterráneo templado según la clasificación climática de Köppen (Santillán *et al.*, 2008). En esta especie, la temperatura juega un rol fundamental, tanto en los procesos fisiológicos, como en el desarrollo de los distintos estados fenológicos de la planta (flor abierta, fruto cuajado y fruto tierno) (Baggiolini, 1952). En este sentido la temperatura mínima de las raíces no puede ser inferior a -10°C, la cual se considera una temperatura extrema, capaz de causar daño al sistema radical. La resistencia a la temperatura ambiental depende del estado fenológico en que se encuentre, por ejemplo, en estado de flor abierta puede resistir temperaturas de hasta -4°C, mientras que, en el estado de fruto cuajado y fruto tierno, comienza a presentar daños a partir de -1°C (Lichou *et al.*, 1990).

El árbol se caracteriza por tener un crecimiento acrotónico, es decir, las yemas brotan primero desde los ápices en dirección a la base del árbol (Lemus, 2005), lo que genera una fuerte dominancia apical por parte de estas yemas. Este tipo de crecimiento tiende a favorecer el desarrollo de órganos frutales en la periferia del dosel, debido a la poca intercepción de luz incidente que hay dentro de árbol (Sekse, 2015). Además, la poca intercepción lumínica puede generar a largo plazo alargamiento y pérdida de follaje progresivo en las ramas internas del árbol (Quero-García, 2010). Por otra parte, el exceso de radiación en la corteza del árbol genera grietas que con el paso del tiempo se transforman en necrosis (Lichou *et al.*, 1990) y que además facilita la entrada de hongos de la madera, afectando los haces vasculares de la planta.

El fruto corresponde a una drupa, la cual está constituida por epicarpio, mesocarpio y endocarpio, en donde el epicarpio corresponde a la piel lisa y coloreada (Quero-García, 2017). El color de la piel depende del cultivar, existiendo algunos donde predominan los frutos de color amarillo (cv. Rainieri) y otros donde predomina el color rojo y rojo caoba (color rojo oscuro) (Quero-García, 2017). Luego hacia el interior del fruto se encuentra el mesocarpio, el cual corresponde a la pulpa, siendo la estructura comestible. Por último, se encuentra el endocarpio, el cual es un carozo que contiene una semilla simple. El fruto es susceptible a sufrir problemas de cracking, debido a las precipitaciones que pueden ocurrir durante el periodo posterior a la cuaja del fruto, cuando comienza el proceso de acumulación de azúcares y disminución de la acidez (Balbontín *et al.*, 2013). Por su parte, las precipitaciones presentan el inconveniente de acumular agua libre sobre el fruto, la cual facilita la proliferación de hongos fitopatógenos que pueden generar pudrición en los frutos, por ejemplo, los hongos de la familia *fusarium* tienen una humedad óptima para el desarrollo cuando el fruto tiene una actividad del agua (a_w) entre 0,88 y 0,99 (Sanchis *et al.*, 2000) y los hongos de la familia *botrytis* tienen un mayor desarrollo en presencia de humedad relativa superior al 80% (Turechek *et al.*, 2006). Estos problemas pueden ser subsanados en gran medida, mediante la utilización de cobertor desde 3 semanas antes de fruto cuajado hasta cosecha (Borve *et al.*, 2003). Otra ventaja de los cobertores es el control de aves, insectos y escarcha en flor abierta y fruto tierno (Cline *et al.*, 2009).

El requerimiento hídrico de los árboles cambia a medida que avanza la temporada y en función de la evolución fenológica del cultivo, incrementando la demanda hídrica durante los meses de mayor temperatura y radiación solar (Podestá, 2007). El estrés hídrico tiene diferentes efectos en la planta, por ejemplo, Blanco *et al.* (2019), menciona que un déficit hídrico controlado en postcosecha, reponiendo un 55% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), genera un aumento en el contenido de sólidos solubles en los frutos y disminución en el color (hue°), aun así, no hubo diferencia en rendimiento o parámetros de calidad y madurez como calibre, firmeza y acidez titulable. Podesta *et al.* (2007) menciona que una reposición del 50% de la ET_c en post cosecha aumenta el rendimiento a la siguiente temporada, sin embargo, si es excesivo podría dañar irreversiblemente la producción de la temporada siguiente.

Con respecto al potencial hídrico en el cv. 'Bing', Podestá *et al.*, (2010) observó que aplicar un déficit hídrico controlado desde brotación a cosecha produciría una disminución en el crecimiento de los brotes, en el número de hojas, en el área foliar y en el peso seco foliar, generando una detención anticipada del crecimiento vegetativo. De esta manera, un manejo hídrico deficitario presentó valores promedio de -1,02 MPa durante la temporada. Por su parte un manejo hídrico sin restricción hídrica mostró valores promedio de -0,6 MPa. Por otro lado, para el cultivar 'Prime giant', Blanco *et al.*, (2016) observó que el riego deficitario controlado de cuaja a cosecha (85% de la ET_c) no presentó diferencias estadísticamente significativas al compararlo con una reposición hídrica del 100% de la ET_c , generando valores de potencial hídrico promedio de -0,7 MPa. A su vez, Blanco *et al.*, (2018), también observó en el cultivar 'Prime giant', un potencial hídrico de -0,5 MPa antes de cosecha al reponer el 110% de la ET_c , este mismo resultado fue observado al aplicar el 100% de la ET_c . Sin embargo, se observaron diferencias estadísticas significativas en postcosecha, al aplicar un riego deficitario de 50% de la ET_c con valores de potencial hídricos inferiores a -1,6 MPa y un valor máximo de -0,9 MPa al aplicar el 120% de la ET_c . De esta manera, la gran variabilidad observada muestra que no existen resultados concluyentes respecto al efecto que tendría la utilización de riego deficitario controlado sobre el crecimiento vegetativo y el estado hídrico de las plantas de cerezo.

La calidad de la fruta es un atributo que depende implícitamente del consumidor final, pero hay factores que son más preponderantes que otros al momento de elegir un fruto, en el caso de la cereza, estos atributos son tamaño del fruto, color, firmeza, dulzor, acidez y aroma así como el color verde y la turgencia del pedúnculo (Romano *et al.*, 2006). En cuanto al color, es un factor sobresaliente frente a los anteriormente mencionados, tal como menciona Gao *et al.* (1995). El color es dependiente del contenido de antocianinas y su concentración (Wang *et al.* 1997) (Mozetiç *et al.* 2004) (Serrano *et al.* 2009). El cual está dividido en diferentes espacios, el más común es el espacio RGB el cual está basado en los colores que estimulan los 3 tipos de conos en la retina humana (Lee *et al.*, 2005)(Petro-Balaguer; 2006)(Padrón, 2009); para poder determinar de manera más precisa el color, se utiliza el espacio CIELAB o CIEL*a*b*, dentro del cual está el componente L* que es la luminiscencia o luminosidad que va de 0 a 100 (negro a blanco), a* que corresponde desde los colores verdes a rojos y b* de azul a amarillo; estos últimos tienen valores que fluctúan entre 0 y 120, cada uno. Este sistema es más específico y objetivo para realizar estudios. (Mendoza *et al.*, 2006)

El crecimiento del fruto del cerezo está dividido en 3 etapas: (i) Crecimiento del mesocarpio, momento en el cual se activa la división y crecimiento celular en el mesocarpio y aumenta el diámetro del fruto (ii) Lignificación del endocarpio, ocurre el desarrollo del embrión y tejidos asociados a la semilla, en esta etapa no aumenta significativamente el tamaño del fruto y (iii) Desarrollo del embrión, momento de crecimiento exponencial del fruto, gran elongación de las células y se produce la maduración del fruto, en esta etapa el fruto puede crecer entre un 40 y 60% del calibre final. Este crecimiento acumulado se ha descrito, a través, de una curva doble simoigde propuesta por Tukey, (1981); Flore y Layne, (1999) Podestá, (2007).

Chile se caracteriza por ser uno de los países exportadores de cerezas más importantes del hemisferio sur, donde más del 90% de la producción es exportada al mercado asiático, principalmente a China, puesto que coincide con la fiesta estival del año nuevo chino, donde las cerezas, manzanas y peras son los principales regalos, como símbolo de riqueza, salud y felicidad (Sun, 2010) (Chiang, Schnettler, Mora, & Aguilera, 2018); los estudios de Lee *et*

al., (2015), determinaron que los atributos intrínsecos de los frutos que determinan su calidad para su adquisición son el contenido de sólidos solubles, la firmeza, el calibre y el color, siendo este último el más importante por ser determinado sin la necesidad de tocar el fruto (Chiang *et al.*, 2018)

Chiang, *et al* (2018), determinaron que los consumidores chinos de cerezas chilenas consideran que el color es una cualidad clave al momento de elegir un fruto, por sobre el tamaño (Calibre), firmeza y sabor. Además, el color, junto a atributos como el contenido de sólidos solubles, acidez titulable y firmeza, es un indicador de madurez de cosecha (Hartman & Bullis, 1929; Guyer *et al.*, 1993). Actualmente, a nivel de huerto el color es medido utilizando diferentes tipos de tablas comparativas de color y diámetro, en donde, dependiendo del cultivar, se definen los rangos para tomar la decisión de iniciar la labor de cosecha (Kappel *et al.*, 1996; Wirch *et al.*, 2009). Estas tablas de comparación de color son instrumentos altamente subjetivos, que dependen de la experiencia del usuario, la luminosidad del lugar en el cual se realice la medición, calidad del material del cual se construyó la tabla y su origen. Debido a esto, la irrupción de nuevas tecnologías ha podido generar mediciones más objetivas de color, capturando la información de color, a través, de su estimación en el espacio CIEL*a*b*, el cual corresponde a una representación de la luminosidad de la muestra (L*), variación de verde a rojo (a*) y variación de azul a amarillo (b*) (Figura 1).

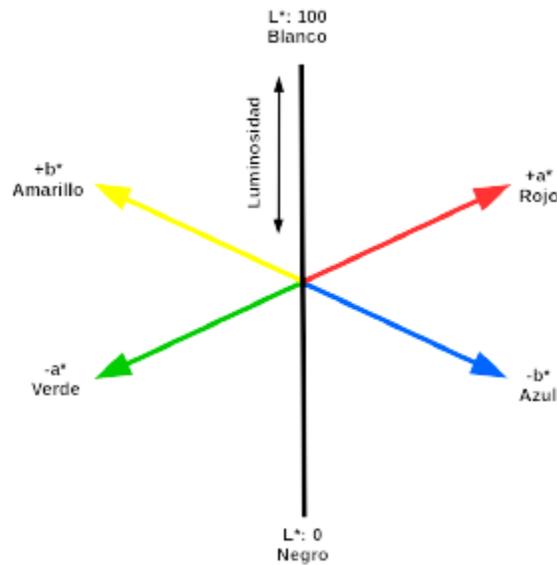


Figura 1: Espacio de colores CIEL*a*b*; extraído de Miranda *et al.*, (2018)

La importancia de este atributo aún no ha sido asumida por el rubro productivo en Chile, por ende, es necesario que desde la academia le demos la real importancia que tiene y comencemos a utilizar formas más objetivas de medición del color, dejando de lado las tablas, introduciendo tecnología que permitan determinar de manera objetiva y correcta este atributo tan importante. En base a esto, durante la presente investigación se midió esta variable a través de un espectrofotómetro capaz de estimar el color de la forma mencionada anteriormente. Además, se realizó la correlación con un sistema de captura de imágenes a través de una cámara fotográfica digital

En base a la información expuesta, la presente investigación tiene como objetivo caracterizar la variabilidad temporal del estado hídrico del cerezo desde cuaja a cosecha y su efecto sobre la madurez y calidad de fruta en *Prunus avium* cv. ‘Lapins’ en condiciones de manejo con y sin cobertura en un clima mediterráneo templado. Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

- (1) Caracterizar la variabilidad temporal del potencial hídrico xilemático en cerezo cv. ‘Lapins’ desde cuaja a cosecha, en condiciones de manejo con y sin cobertura.

- (2) Caracterizar la variabilidad temporal de la madurez (pH, acidez total, contenido de sólidos solubles) y la calidad de fruta (color, calibre, presión de pulpa, peso fresco y peso seco) de cerezo cv. ‘Lapins’ en condiciones de manejo con y sin cobertura.
- (3) Correlacionar la variabilidad temporal de la madurez y la calidad a cosecha de la fruta en cerezo en condiciones de manejo con y sin cobertura.

II. Marco Teórico

a. Cobertores plásticos

Los cobertores plásticos son utilizados en diferentes cultivos como protección a diferentes factores ambientales adversos. En manzanos son utilizados para proteger el árbol y fruto de la acumulación de agua libre por lluvias, daño por sol, granizo y daño causado por aves (Blanke, 2018). En el caso de cerezos, el cobertor es utilizado con la misma finalidad que en manzanos (impedir la acumulación de agua libre en frutos y para el control de heladas en floración) (Borve *et al.*, 2003; Cline *et al.*, 2009). El efecto de los cobertores antilluvia depende del material con el cual estén fabricados, por ejemplo, en días soleados la transmisión de luz PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) bajo plástico y rafia disminuye cerca de un 58% en comparación al tratamiento control sin cobertura (Bastías *et al.*, 2018). Entre cada material también existe una diferencia, en donde el plástico transmite un 7% más de luz en comparación a la rafia. Estos valores concuerdan con lo observado por Flores, (2017) donde la radiación disminuyó en 62% y 57% en sus mediciones bajo cobertura plástica. En cuanto a temperatura del fruto en días soleados, esta disminuyó en promedio 3,8°C y 4,3°C bajo cobertor de plástico y rafia, respectivamente. Por su parte, en días nublados no se observaron diferencia estadística entre los tratamientos. Con respecto a la temperatura mínima promedio, se observó un aumento de 1°C a 2°C en las plantas bajo plástico en comparación a la rafia y al control. Por otra parte, la rafia disminuyó de 2°C a 5°C la temperatura máxima promedio en la fruta (Bastías y Leyton, 2018). En cuanto a la temperatura de las hojas, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Flores, 2017). En el mismo estudio de Bastías y Leyton (2018), observaron que los cultivares ‘Royal Down’ y ‘Santina’ bajo plástico presentaron un mayor diámetro de fruto (mm) y acumulación de sólidos solubles (°Brix), en comparación a la cobertura de rafia y el control sin cobertura. Asimismo, la fruta bajo plástico

presentó una menor presión de pulpa (g mm^{-1}) y un mayor diámetro de fruto (mm) en comparación al tratamiento control.

b. Efectos de la cubierta plástica sobre el fruto

El peso de fruto (g) aumentó según lo observado por Balkhoven-Baart *et al.* (2005) en el cultivar ‘Lapins’, al igual que lo demostrado por Blanke *et al.* (2008); Sotiropoulos *et al.*, (2014); Ruisa *et al.* (2017) y Flores, (2017) en los cultivares ‘Ferrovia’, ‘Lapins’, ‘Early Star’, ‘Van’, ‘Bing’ y ‘Regina’, con valores de 7,9; 10,38; 12,05; 8,85; 10,4 y 12 gramos, respectivamente. En condiciones de restricción hídrica, Podestá, (2007), en el cv. ‘Bing’ no observó diferencia estadística entre los tratamientos, registrando valores promedio de $7,9 \pm 0,6$ g.

La firmeza (kg cm^{-2}) es un atributo de madurez que no varía en los cv. ‘Lapins’, ‘Early Star’, ‘Early Lory’, ‘Ferrovia’ y ‘Van’, con valores de 0,54; 0,73; 0,64; 0,65 y 0,99 kg cm^{-2} , respectivamente, al estar manejados bajo cobertores plásticos (Blanke *et al.* 2008; Sotiropoulos *et al.*, 2014; Wallber *et al.*, 2014; Ruisa *et al.* 2017). Por otra parte, Bastías y Leyton, (2018) observaron que la firmeza del cultivar ‘Santina’ disminuye de $323,8 \pm 5,3$ a $284,6 \pm 11$ g mm^{-2} al estar conducido bajo cobertura plástica. La misma situación fue observada en el cv. ‘Royal Down’ el cual disminuyó de $329,8 \pm 6,5$ a $294,4 \pm 5,5$ g mm^{-2} (Flores, 2017). Por el contrario, Cline *et al.* (1995) observó un aumento en la firmeza al manejar el cultivar ‘Merchant’ bajo cubierta plástica, sin embargo, no se observó diferencia en los cultivares ‘Regina’ y ‘Bing’, con valores de 85,6 y 84 en escala durofel al estar conducido bajo cobertor plástico. En condiciones de restricción hídrica Podestá, (2007), observó diferencia en el cultivar ‘Bing’ al aplicar un criterio de riego del 75% de reposición de la ET_c , donde la firmeza aumentó de 76,4 a 79,3 en escala durofel, pero no observó diferencia estadística al aplicar una restricción hídrica del 50% de la ET_c respecto al tratamiento control, con un valor promedio de 75,6 en escala durofel.

En los cv. ‘Early Star’, ‘Ferrovia’, ‘Van’, ‘Bing’, ‘Santina’ y ‘Royal Down’ no se observaron diferencias significativas en los sólidos solubles (°Brix), con valores de 14,8; 14,6; 18,0; 20,9; 17,7 y 17,3 °Brix, respectivamente. Por otra parte, los cv. ‘Regina’ y ‘Early Lory’ presentaron una disminución en la concentración de azúcares de 21,7 a 20,6 °Brix y de 10,9 a 9,55 °Brix, respectivamente, al utilizar cobertor plástico, misma situación encontrada por Cline *et al.* (1995), Børve *et al.*, (2003), Sotiropoulos *et al.*, (2014), Flores, (2017), no así Balkhoven-Baart *et al.* (2005), Rubauskis *et al.*, (2014), quienes observaron un aumento en el contenido de sólidos solubles en los cultivares ‘Lapins’ y ‘Krupnoplodnaya’, respectivamente. Al aplicar restricción hídrica, no se observaron diferencias entre los tratamientos, con un valor promedio de 21 °Brix en el cv. ‘Bing’ (Podestá, 2007).

Bajo cobertura plástica la acidez titulable aumentó en los cv. ‘Early Star’, ‘Early Lory’ de 1,04 a 1,2% de ácido málico y 0,67 a 0,78 %, respectivamente. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas en los cv. ‘Ferrovia’ y ‘Van’ con valores de acidez de 1,13 y 1,5% de ácido málico, respectivamente (Sotiropoulos *et al.*, 2014). Por su parte, al aplicar riego deficitario controlado en el cv. ‘Bing’ no se observaron diferencias significativas (Podestá, 2007).

Los cv. ‘Bing’ y ‘Regina’ no presentaron diferencias estadísticas significativas en el calibre de la fruta (mm) en plantas manejadas con y sin cobertura plástica, observando valores de 26 y 28 mm respectivamente (Flores, 2017). Resultados similares fueron observado por Blanke *et al.* (2008) en los cultivares ‘Burlat’, ‘Earlise’, ‘Samba’ y ‘Souvenir des Charmes’. Sin embargo, los cv. ‘Royal Down’ y ‘Santina’ aumentaron los calibres de fruta en plantas manejadas bajo plástico con incrementos de $26,6 \pm 1$ a $29,3 \pm 0,7$ mm y $28,5 \pm 0,4$ a $29,7 \pm 0,4$ mm, respectivamente (Flores, 2017; Bastías y Leyton, 2018), situación similar advertida por Cline *et al.* (1995) en el cultivar ‘Merchant’. Por otra parte, en condiciones de restricción hídrica (50% de la ET_c) se observó cierta tendencia a incrementar el diámetro de los frutos (Podestá, 2007).

En cuanto al color, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los cv. ‘Ferrovia’ y ‘Van’ (Sotiropoulos *et al.*, 2014). Estos resultados concuerdan con lo observado en los cv. ‘Regina’ y ‘Bing’ al estar manejados bajo cobertores plásticos (Flores, 2017).

c. Efectos de la cubierta plástica sobre el rendimiento

En el rendimiento por planta (Kg árbol^{-1}) no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con cobertura plástica en los cv. ‘Van’, ‘Early Star’, ‘Early Lory’, ‘Ferrovia’ y ‘Van’ con rendimientos de 27,7; 21,0; 30,0 y 31,8 kg árbol^{-1} , respectivamente (Børve *et al.*, 2003; Sotiropoulos *et al.*, 2014). Por otra parte, Podestá (2007), observó que la restricción hídrica del 50% de la ET_c en postcosecha en árboles jóvenes generó un aumento de rendimiento de 9 a 7,5 kg pl^{-1} en comparación con el tratamiento testigo (100% de la ET_c) en el cultivar ‘Bing’, esto está dado porque el estrés hídrico en postcosecha genera una diferenciación de una mayor cantidad de centros frutales para la siguiente temporada.

d. Efectos de la cubierta plástica sobre el estado hídrico

El cv. ‘Prime Giant’ manejado sin restricción hídrica (100% de la ET_c) presentó valores de potencial hídrico entre -0,4 a -0,6 MPa en los periodos fenológicos de cuaja a cosecha. Sin embargo, bajo condiciones de restricción hídrica (50% de la ET_c) el potencial hídrico disminuye a -1,4 MPa (Blanco *et al.*, 2018). Podestá, (2007), observó que, al aplicar un régimen de restricción hídrica en postcosecha, el potencial hídrico disminuye a medida que avanza la temporada. Así, una reposición hídrica del 50% de la ET_c disminuyó el valor de potencial hídrico a -1,3 MPa en comparación a los -0,8 MPa obtenido en el tratamiento con reposición hídrica del 100% de la ET_c .

Al aplicar un déficit hídrico en plantaciones jóvenes y vigorosas provocaría una disminución del crecimiento vegetativo y un aumento en la producción de flores y frutos (Edin *et al.*, 1997). Por otra parte, el crecimiento general de la planta, el calibre de fruta, el color de cubrimiento y el contenido de azúcar no se vieron afectados por el tratamiento con riego deficitario. Sin embargo, la utilización de un manejo hídrico deficitario aumentaría la probabilidad de obtener frutos dobles, al aumentar la temperatura de las plantas en el estado fenológico de floración y cuaja y la sensibilidad al machucón (Beppu *et al.*, 1999; Podestá, 2007).

En base a la información bibliográfica presentada, el objetivo de la presente investigación se focalizó principalmente en el efecto que tendría la cobertura sobre el estado hídrico de la planta, la madurez y la calidad de fruta en cerezos cv. Lapins.

III. Metodología

a. Lugar experimental y material vegetal

El ensayo se realizó en un huerto comercial de cerezos cultivar Lapins, sobre un portainjerto ‘MaxMa 14’, en un marco de plantación de 4x2 metros, conducidos en ‘Y-Trellis’, manejados con cubierta vegetal de *Festuca spp.* en la entre hilera. Los árboles fueron plantados durante la temporada 2015 en el fundo ‘El Guindo’ de la empresa Agrícola Pencahue S.A. Este predio se ubica en la localidad de Pencahue, comuna de Pencahue, provincia de Talca, región del Maule, Chile (Latitud 35°22’43.31’’S, Longitud 71°48’32,86’’O y altitud de 70 m.s.n.m). En la figura 2, se presenta una fotografía aérea del dispositivo experimental, identificando los sitios de muestreo en donde se levantó toda la información necesaria para llevar a cabo esta investigación.



Figura 2: Distribución espacial de los sitios de medición en terreno. Donde las siglas SC y CC corresponden a ‘Sin Cobertor plástico’ y ‘Con Cobertor plástico’ y los números a las repeticiones de cada tratamiento, respectivamente.

En los puntos 4 CC, 5 CC y 6 CC, los árboles de cultivar ‘Lapins’ representan el 16% del total de árboles del cuartel demarcado, puesto que cumplen la función de polinizantes para la variedad comercial ‘Royal Down’, la cual ocupa el 84% restante de la superficie del cuartel.

Los cuarteles con techo utilizan como material de cobertura un polietileno de alta densidad (HDPE), color cristal, peso de 150 gr m⁻², con propiedades de estabilización UV, transmisividad de un 80% de la luz PAR y un 55% de difusión de luz incidente. El cobertor plástico fue extendido a partir del estado fenológico de yema invernal y fue recogido al culminar la cosecha.

El cultivar ‘Lapins’ es originario de Canadá, obtenido a partir de la cruce entre el cultivar ‘Van’ y ‘Stella’, se caracteriza por tener un crecimiento erguido y vigoroso, tiene los alelos S1S4, lo cual permite que sea autopolinizante, su floración es temprana y su cosecha es 25 a 28 días después del cultivar ‘Burlat’. El fruto se caracteriza por ser redondo con forma de corazón, color rojo a púrpura y firme, con susceptibilidad a cracking. En cuanto al

portainjerto, 'MaxMa 14', genera un vigor 20-30% mayor que 'SL 14' y 30-40% menos en comparación a pie franco; el porta injerto es moderadamente susceptible a *Phytophthora* spp. En cuanto al sistema de conducción, que corresponde a Y-Trellis se caracteriza por tener buen movimiento de aire y buena distribución lumínica al interior del dosel, minimizando los posibles problemas provocados por hongos. Además, el sistema de conducción permite introducir mano de obra mecanizada, lo que permitiría disminuir los costos de producción. (Long *et al*, 2015).

Ambos cuarteles estudiados son regados con el mismo criterio de riego, de acuerdo con el programa de riego del agricultor, en el cual la cantidad de agua suministrada corresponde al 110% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), desde el estado fenológico de yema hinchada hasta mediados de marzo. Los datos para la programación del riego son recogidos de sensores de humedad de suelo ubicados en diferentes lugares del predio y son complementadas con datos obtenidos de la estación meteorológica automática propiedad de viña San Pedro, ubicada a 1,5 km de distancia del predio. Para suministrar el riego, se utiliza dos líneas de riego ubicadas sobre el camellón, en donde los emisores se encuentran espaciados cada 2 metros y poseen una descarga de 4 l h^{-1} .

b. Caracterización edafo-climática del ensayo

El régimen térmico de la zona en estudio presenta una temperatura media anual de $15,2^\circ\text{C}$, el mes más cálido presenta 32°C como media máxima en el mes más cálido y $3,4^\circ\text{C}$ como media mínima durante el mes más frío (enero y julio, respectivamente) (Figura 2). Presenta un periodo libre de heladas histórico de octubre a abril (un total de 7 meses). En cuanto a precipitaciones, el mes con más precipitaciones es junio con 150 mm (Novoa y Villaseca, 1989), siendo la precipitación total anual promedio de los últimos 10 años de 400 mm, los meses de baja precipitación se distribuyen entre noviembre y febrero, con un promedio de 6 mm por mes (Figura 3) (CR2, 2018).

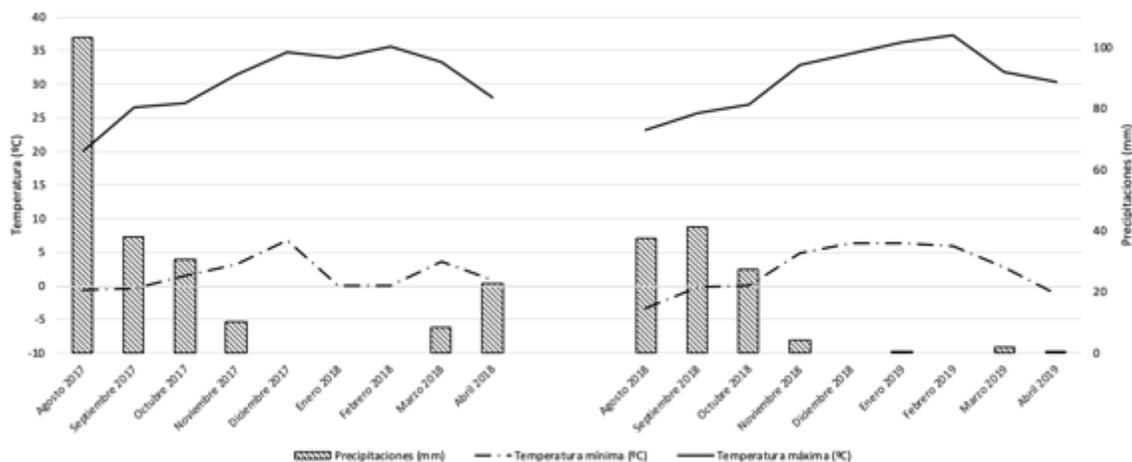


Figura 3. Histograma climático de temperaturas máximas, mínimas (°C) y precipitaciones (mm) en la zona del dispositivo experimental. Extraído de red agroclimática nacional (Agromet, 2020)

El suelo pertenece a la serie ‘Las doscientas’, el cual se caracteriza por presentar una arenisca compactada, posee altos contenidos de hierro y manganeso y una profundidad media que varía entre 45 a 75 centímetros, limitada por una estrata compactada. Los horizontes están bien definidos, con presencia de concreciones ferromangánicas, las cuales denotan fluctuaciones del nivel freático y pendiente que varía entre 2 y 6% (Gallardo *et al.*, 1994). La profundidad de este suelo no es suficiente para el establecimiento de frutales, por lo tanto, antes de la plantación se realizó un subsolado a una profundidad de 1,5 metros, se elaboraron camellones de 30 centímetros y desagües para evitar acumulaciones de agua durante temporadas de alta pluviometría.

c. Mediciones de campo

i. Mediciones de estado hídrico de planta

Las mediciones fueron realizadas en 3 repeticiones por cada tratamiento, con cobertor (CC) y sin cobertor (SC), en 2 plantas por cada sitio de medición, obteniendo así 24 mediciones por cada fecha de medición. Los 6 sitios de medición se distribuyen en el huerto como se observa en la Figura 2.

El potencial hídrico xilemático se midió en los 6 sitios indicados en el párrafo anterior. Las mediciones fueron realizadas semanalmente a partir de cuaja, con un total de 6 semanas. Para ello se utilizó una cámara de presión o bomba Scholander (marca PMS Instrument Co., modelo 600, Corvallis, Oregon, USA) (Choné *et al*, 2001), en donde se seleccionaron 4 hojas sanas, representativas en tamaño y color, ubicadas en el tercio medio del árbol en ambas caras de la entre hilera, tomando dos hojas de cada sector del árbol. Las hojas fueron cubiertas 2 horas antes de la medición, las cuales fueron realizadas entre las 12:00 y 14:00 horas aproximadamente, momento del día en el cual se observa la mayor demanda radiativa. El tapado de hojas se realizó con bolsas de plástico y papel aluminio, para evitar la transpiración y el calentamiento de ésta, respectivamente, logrando equilibrar así el potencial hídrico de la hoja con el de xilema o tallo de la planta (Lavandero, 2012), con la finalidad de medir el estado hídrico máximo del día (Ortega-Farías *et al.*, 2004).

ii. Variables de madurez y calidad de fruta

En cuanto a las variables de fruta, se recolectaron 15 frutos por punto de medición durante 6 momentos desde pinta a cosecha, los cuales fueron extraídos de los árboles colindantes a los árboles marcados, para no afectar la medición de rendimiento al momento de la cosecha. El criterio de elección de los frutos muestreados se realizó en base al color, para ello se definió el color más representativo (dependiente de la madurez) (Cuadro 1), así se recolectaron 15 frutos por cada punto, seleccionando un total de 90 frutos para cada fecha de medición.

Semana de medición	Día Juliano	Color fruto CC	Color fruto SC
1	298	Verde con puntas rojas	Verde
2	306	Inicio color pajizo	Inicio color pajizo
3	317	Pajizo	Pajizo
4	326	Viraje color rojo	Inicio viraje color rojo
5	335	Rojo	Viraje color rojo
6	342	-	Rojo

Cuadro 1: Color de cosecha en las semanas de medición de pinta a cosecha, imágenes referenciales a cada semana en el anexo 1.

Para determinar los atributos de madurez de fruta se evaluó la acidez total titulable y la acumulación de sólidos solubles. La medición de los sólidos solubles fue realizada mediante un refractómetro auto compensado (BRIX30, Leica, USA), mientras que la acidez titulable se determinó a través, de la metodología propuesta por Kader y Mitchell, (1981). Esta metodología consiste en mezclar 20 ml de zumo de fruta con 80 ml de agua destilada, luego se mide el pH con un pH metro y se agrega NaOH (0,1 N) hasta que la muestra llegue a pH 8,2; esto con la finalidad de determinar el gasto de NaOH. Posteriormente este gasto se integra a la fórmula de ‘% de ácido málico’. Para realizar esta medición se seleccionaron 6 frutos de cada colecta de fruta para poder tener 2 repeticiones por semana.

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{\text{gasto NaOH (ml)} * 0,1 \text{ N NaOH}}{\text{zumo utilizado (ml)}} * 6,7$$

Ecuación 1: Ecuación de obtención de ‘% ácido málico’ propuesta por Kader y Mitchell, 1981.

En cuanto a la medición de las variables de calidad, se utilizaron los 90 frutos cosechados de cada semana, para determinar el color se utilizó un espectrofotómetro (modelo CM 700D, marca Konika Minolta Sensing Americas, USA). El calibre y firmeza fueron medidos utilizando el FirmTech (marca BioWorks, modelo FirmTech 2, Wamego, Kansas, USA). Para la medición de peso seco, los frutos fueron puestos en una estufa de aire forzado a 60°C hasta alcanzar un peso constante, aproximadamente por 48 horas (marca Memmert, modelo UF750, Schwabach, Alemania). Luego fueron pesados usando una balanza analítica (marca Veto, modelo A6709163, Santiago, Chile), la misma que se utilizó para medir el peso fresco del fruto antes de ser sometidos al secado en estufa.

Para el caso específico del color, se utilizaron dos metodologías para la captura de la información, en primer lugar, se utilizó la metodología propuesta por Goñi *et al.* (2015), que no es destructiva, y requiere tomar la fotografía de las cerezas dentro de una caja con luz blanca que se emite por los 4 lados, las fotografías se tomaron con una cámara fotográfica

CANON REFLEX T100, con los parámetros de velocidad de obturación y apertura del diafragma ajustados de forma manual, posterior a eso, se tomaron los datos de color con la metodología destructiva del espectrofotómetro (Konika Minolta, modelo CM 700D), en la cual se toman los frutos y se mide por el costado de la cereza, teniendo que presionar levemente el instrumento sobre el fruto. Posteriormente, se procesan las imágenes en formato RGB capturadas por la cámara fotográfica y se transforman al espacio de color CIEL*a*b* a través del software matemático MATLAB el GUI diseñado por el investigador Sandro Goñi (Goñi *et al.* 2015)

iii. Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), con todas las variables mencionadas en los apartados anteriores. Este fue realizado con el programa estadístico XLStat (Excel 2016). Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para evaluar si existieron diferencias estadísticas entre variables analizadas. Por su parte, para determinar la homogeneidad de varianzas, fue utilizado la prueba de Levene, con valor $p > 0,05$. Finalmente, en el caso de encontrar diferencia estadísticamente significativa, se realizó la prueba de comparación de múltiples rangos (tukey $<0,05$), para obtener la separación de las medias (Statgraphics Centurion XVI).

Para el caso del color, se analizaron estadísticamente los valores de color en formato CIEL*a*b* entregados por las dos metodologías para determinar la correlación entre la información entregada por ambas

IV. Resultados y discusión

a. Análisis exploratorio de las variables.

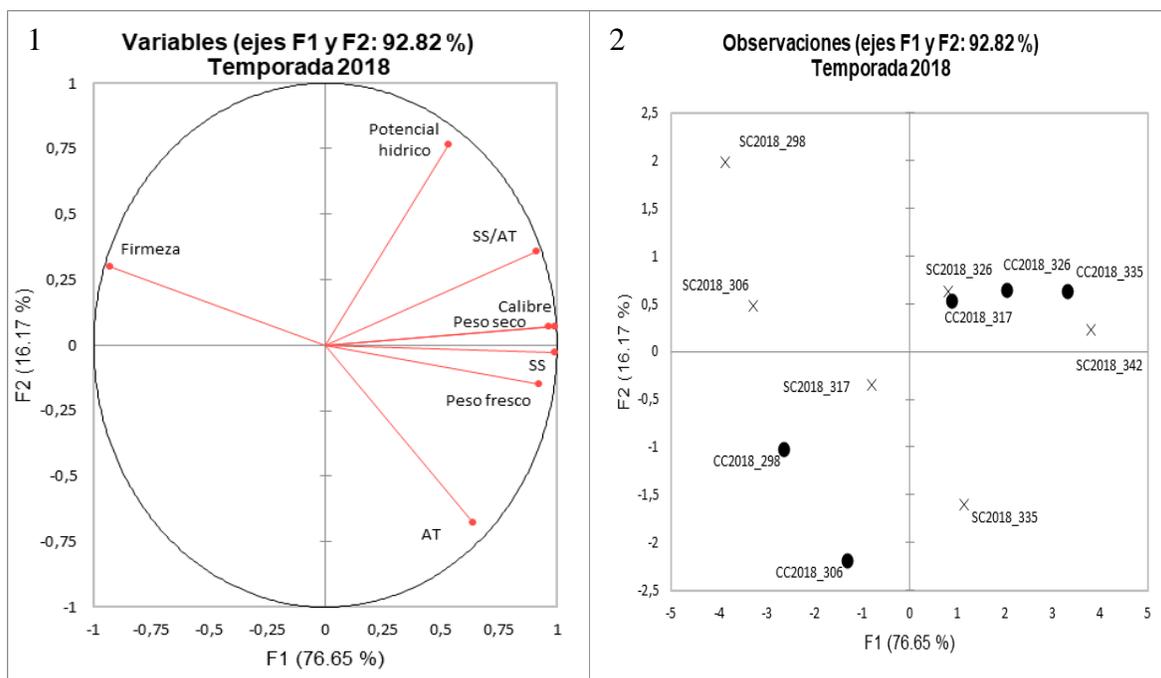


Figura 4. Análisis de Componentes Principales (ACP) para las condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC). Comportamiento de las variables de calidad en la cosecha de la temporada 2018 medidas durante el estudio (Calibre (mm), Firmeza (kg cm^{-2}), Sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), Acidez titulable, Peso seco (g) y Peso fresco (g)). Los números en las figuras 3.2 y 3.3 corresponden a los días julianos de cada temporada.

En las figuras 4.1 y 4.2 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) para las variables de calidad y madurez registradas en la temporada 2018. En este análisis ambos ejes representan el 92,82% de la variabilidad de los datos. El eje 1 está compuesto por la totalidad de las variables estudiadas, con un 76.65% de la variabilidad de los datos, a excepción de la acidez titulable y potencial hídrico que se relaciona mayormente al eje 2. A medida que aumentan las variables de calibre, peso seco, peso fresco y sólidos solubles; disminuye la firmeza, mientras que el potencial hídrico y la acidez titulable no presenta ninguna relación con el resto de las variables. La distribución de las variables muestra que la firmeza fue mayor en el tratamiento sin cubierta plástica, tal como los resultados observados

en las figuras 7 y 8. En la figura 4.2, se identifica que a medida que avanza la temporada, se observa en el 76,65% de los casos una disminución en la firmeza y un aumento en el calibre y peso seco, donde el tratamiento sin cubierta debiese tender a tener mayor calibre en comparación al tratamiento con cubierta, tal como lo muestra la figura 5

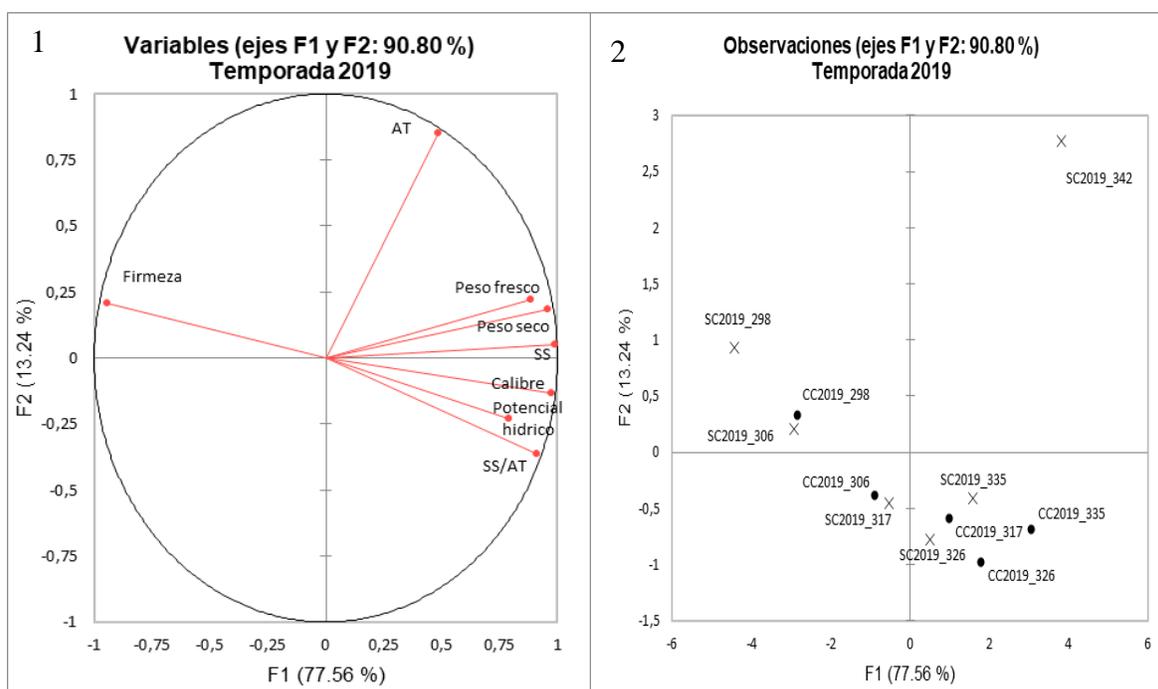


Figura 5. Análisis de Componentes Principales (ACP) para las condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC). Comportamiento de las variables de calidad en la cosecha de la temporada 2019 medidas durante el estudio (Calibre (mm), Firmeza (kg cm^{-2}), Sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), Acidez titulable, Peso seco (g) y Peso fresco (g)). Los números en las figuras 3.2 y 3.3 corresponden a los días julianos de cada temporada.

La figura 5.1 y 5.2 explica el comportamiento de las variables estudiadas en la temporada 2019. Para esta temporada ambos ejes representan un 90,8% de la variabilidad de los datos. El eje 1, está compuesto por las variables de calidad y madurez: peso fresco, peso seco, sólidos solubles, calibre y potencial hídrico; representando un 77,56% de los casos, es decir un porcentaje mayor a la temporada anterior. Nuevamente, se observa una relación inversa entre la firmeza y el resto de las variables de calidad y madurez. Este comportamiento

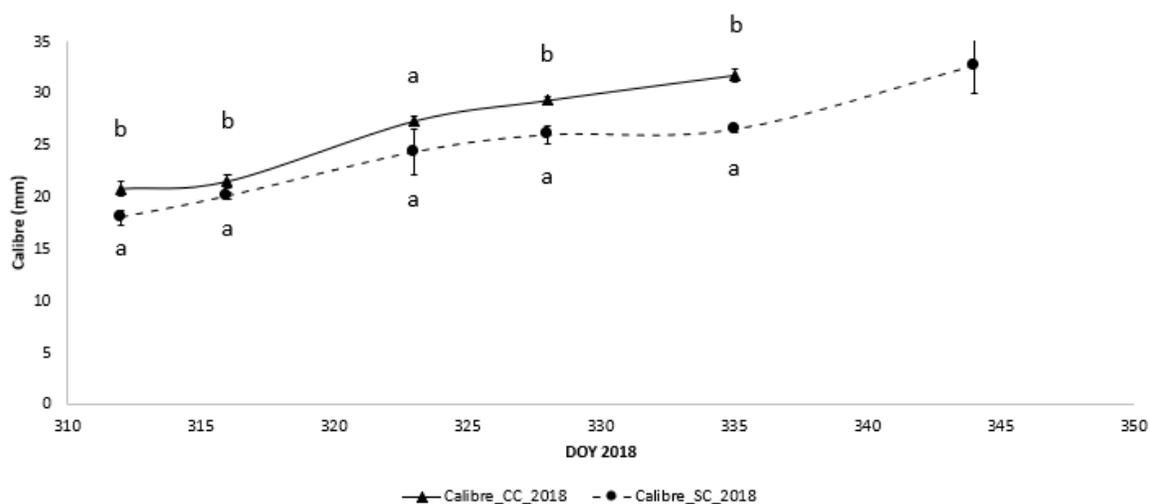
es descrito por Bastías *et al.*, (2018) en los cultivares Santina y Royal Down, donde la firmeza (kg cm^2) aumentó 2 puntos en el tratamiento sin cubierta plástica y el calibre (mm) disminuyó en el mismo tratamiento en 39 puntos en el cultivar Santina. La figura 5.2 muestra, al igual que la temporada 2018 (figura 4.2), que la firmeza disminuye a medida que avanza la temporada, también aumenta el calibre; en este caso se muestra un caso aislado en la cosecha del tratamiento sin cubierta, en el cual aumenta la acidez titulable.

b. Comportamiento de las variables durante las temporadas

Durante las dos temporadas de estudio, desde el estado fenológico de pinta hasta antes de cosecha, se observa un comportamiento muy similar en las variables de crecimiento en cuanto al uso de cubierta. Al respecto el tratamiento con cubierta plástica presentó un calibre mayor en 4 momentos de medición durante la temporada. Este comportamiento cambió una vez cosechada la fruta sin cubierta, la cual presentó un calibre mayor, esto pudo haber sucedido por el retraso de 7 días en la cosecha de la fruta, en comparación al tratamiento con cubierta por el efecto de la cubierta plástica (figuras 6 y 7). Este mismo comportamiento fue observado en las variables de peso fresco (g), peso seco (g) y contenido de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), en las cuales el peso fresco tubo diferencias entre un 10% a un 35% entre cada tratamiento en ambas temporadas (figuras 10, 11, 12 y 13). Este aumento en las variables de calidad de fruto sería explicado por los efectos positivos que tendría la cobertura sobre la disminución del estrés ambiental del cerezo. Este resultado concuerda con lo observado por Bastías y Leyton (2018), quienes registraron una disminución en la temperatura de los frutos al crecer bajo cubiertas plásticas, aumentando las temperaturas mínimas y disminuyendo las temperaturas máximas ambientales. Además, Flores (2019) observó que la radiación disminuyó de 2.188 a 897 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}$ al utilizar esta técnica productiva en la región del maule de Chile, similar disminución a la declarada por Wallberg *et al.*, (2014), quienes obtuvieron valores de radiación PAR que disminuyen de 2.625 a 1.040 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}$ en la región de la araucanía de Chile. Al darse esta condición, los frutos crecen en una condición climática de menor estrés ambiental, generando condiciones más favorables para alcanzar un mayor potencial productivo, lo cual también queda demostrado en los valores de potencial hídrico

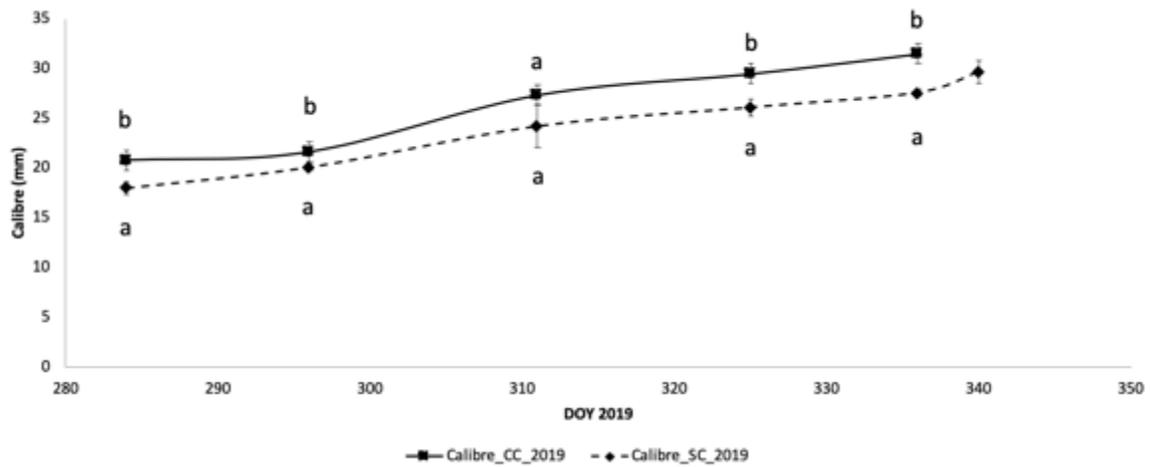
xilemático observados durante el estudio, el cual fue menos estresante bajo las condiciones de cobertura.

En el caso de la firmeza de los frutos, esta fue mayor en el tratamiento sin cobertura. Esto se debe a que la firmeza esta inversamente relacionada con el peso fresco, es decir, a medida que aumenta el peso fresco, aumenta la cantidad de solutos dentro del fruto, por lo que disminuye firmeza de la pulpa en la fruta.



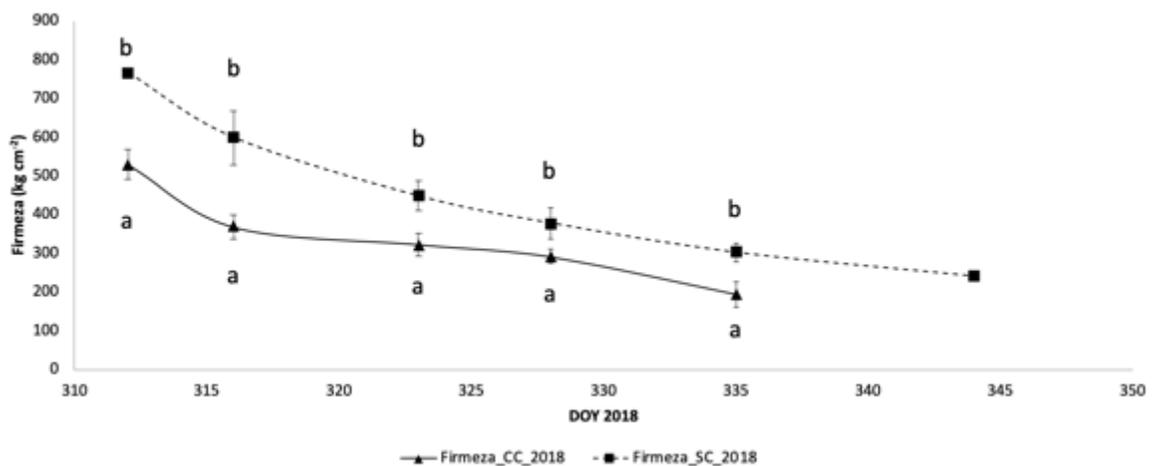
DOY	312	316	323	328	335	344
Calibre CC 2018 (mm)	20,83 ± 0,64	21,56 ± 0,61	27,39 ± 0,44	29,39 ± 0,3	31,83 ± 0,62	-
Calibre SC 2018 (mm)	18,05 ± 0,67	20,12 ± 0,25	24,38 ± 2,15	26,04 ± 0,85	26,56 ± 0,34	32,75 ± 2,76
Significancia	*	*	n.s.	*	*	-

Figura 6: Comportamiento del calibre para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.



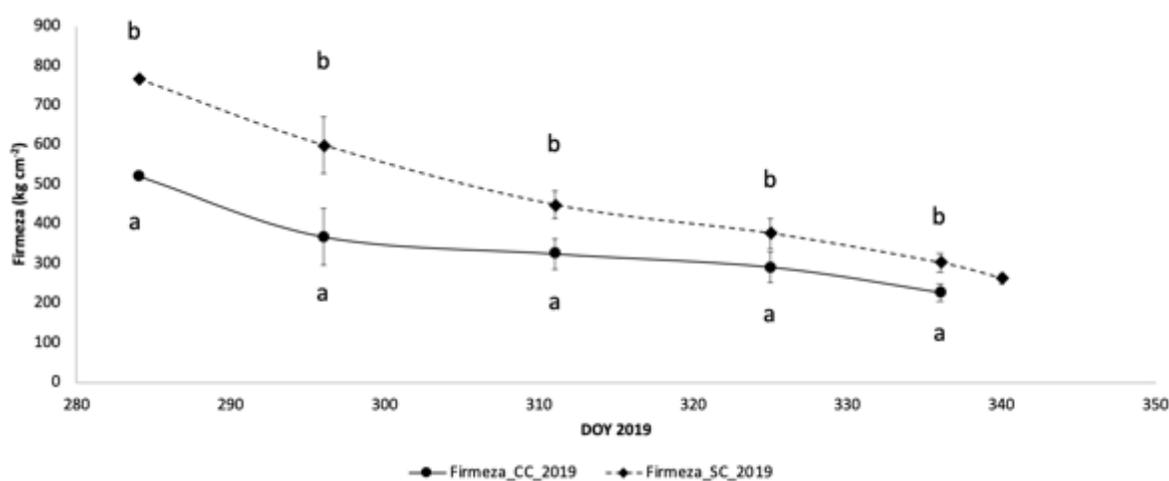
DOY	284	296	311	325	336	340
Calibre CC 2019 (mm)	20,78 ± 0,67	21,63 ± 0,25	27,32 ± 2,15	29,46 ± 0,85	31,46 ± 0,34	-
Calibre SC 2019 (mm)	18 ± 0,61	20,10 ± 0,39	24,2 ± 2,18	26,08 ± 0,86	27,57 ± 0,38	29,67 ± 1,13
Significancia	*	*	*	*	*	-

Figura 7: Comportamiento del calibre para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.



DOY	312	316	323	328	335	344
Firmeza CC 2018 (kg cm ⁻²)	529,38 ± 38,51	368,15 ± 30,1	323,23 ± 29,48	291,43 ± 18,43	195,15 ± 33,2	-
Firmeza SC 2018 (kg cm ⁻²)	766,12 ± 2,1	598,72 ± 70,26	448,01 ± 38,88	378,15 ± 39,75	302,8 ± 23,53	241,29 ± 9,82
Significancia	*	*	*	*	*	-

Figura 8: Comportamiento de la firmeza para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.

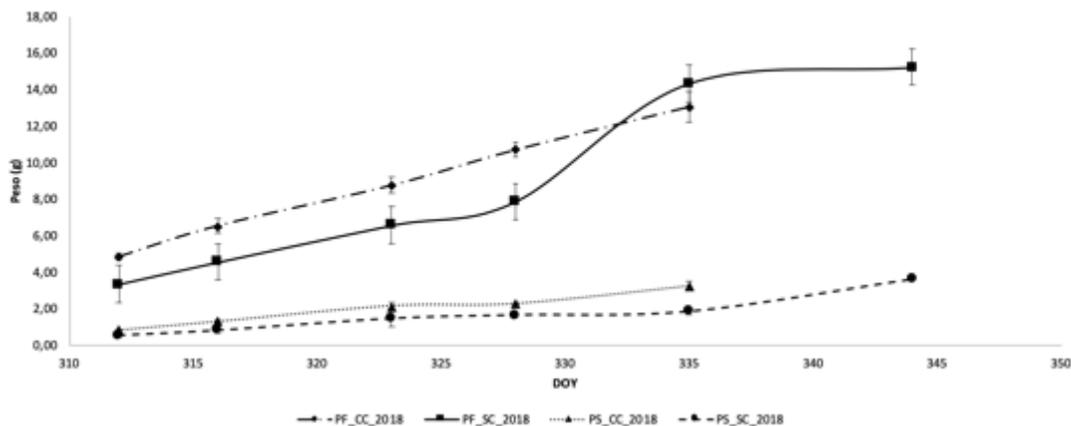


DOY	284	296	311	325	336	340
Firmeza CC 2019 (kg cm ⁻²)	522 ± 2,1	367,95 ± 70,26	324,72 ± 38,88	290,86 ± 39,75	226,51 ± 23,53	-
Firmeza SC 2019 (kg cm ⁻²)	765 ± 1,7	598,47 ± 71,92	448,23 ± 34,4	375,1 ± 38,84	302,15 ± 23,36	262,69 ± 12,46
Significancia	*	*	*	*	*	-

Figura 9: Comportamiento de la firmeza para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.

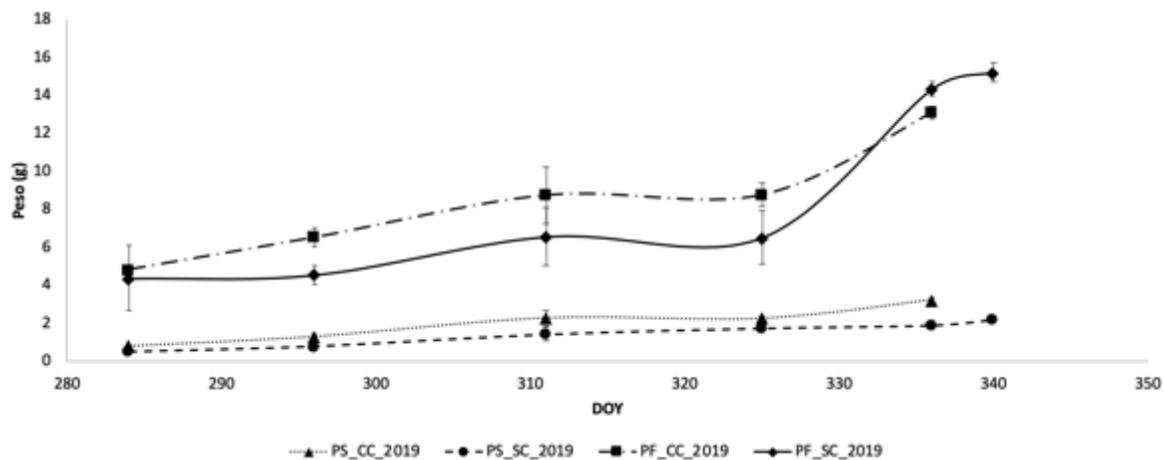
En el caso del peso fresco (PF) y peso seco (PS), evaluado durante las temporadas 2018 y 2019 (figuras 10 y 11), se observa que la evolución del crecimiento del fruto fue mayor durante ambas temporadas bajo la condición de manejo con cobertura. Esta diferencia de peso se mantuvo entre un 10% a un 30% dentro de la temporada entre cada tratamiento, hasta llegar a la cosecha del tratamiento bajo techo. Los frutos del tratamiento sin cobertura incrementaron su peso final, debido al mayor tiempo de permanencia en la planta, superando finalmente al tratamiento con cobertura bajo este manejo alrededor de un 15%. Esta diferencia entre los resultados a cosecha no es consistente con lo encontrado por Balkhoven-Baart *et al.*, (2005) y Blanke *et al.*, (2008), quienes encontraron que el peso del fruto aumentó al utilizar la cubierta plástica, estas diferencias se dan por la diferencia en los cultivares a estudiar y la combinación con los portainjertos, además las diferentes zonas edafoclimáticas pueden integrar diferentes características a los frutos. Siguiendo con lo mismo, el peso fresco fue mayor durante la temporada bajo el tratamiento con cobertura, esta diferencia varió entre un 10% a un 30% en la misma fecha; aun así, al momento de comparar los pesos frescos y pesos secos a cosecha, existe una diferencia entre un 10% y un 17%, donde el mayor peso lo tienen los frutos manejados sin cubierta plástica. La diferencia en los períodos de crecimiento del fruto entre ambos tratamientos sería un efecto directo de la cobertura, la que modifica la fecha de cosecha, adelantando en al menos 7 días el momento de cosecha del tratamiento con cobertura, debido al aumento de la acumulación térmica durante todo el período de crecimiento del cerezo, incrementando la acumulación de grados día necesarios para alcanzar precozmente el estado fenológico de cosecha. Esta situación de precocidad del tratamiento con cobertura habría afectado el peso fresco y el contenido de sólidos solubles de la fruta (figuras 12 y 13), no registrando diferencias estadísticas significativas a partir de la tercera semana después del período fenológico de pinta. Esta situación no fue observada durante la temporada 2019, en donde se registraron diferencias entre los tratamientos durante la quinta semana después de pinta, momento en el cual se realizó la cosecha del tratamiento con cobertura, observando una mayor concentración de sólidos solubles para este tratamiento (figuras 12 y 13). Estas tendencias de diferencias en el crecimiento de la fruta también se advirtieron en el calibre, el cual fue mayor durante la temporada en el tratamiento con cubierta, entre un 7% y 17%, en cambio, durante la cosecha los frutos sin cubierta tuvieron

un calibre un 3% más grande en comparación al tratamiento con cubierta En el caso de la firmeza, esta variable no varió entre los tratamientos durante la temporada y la cosecha.



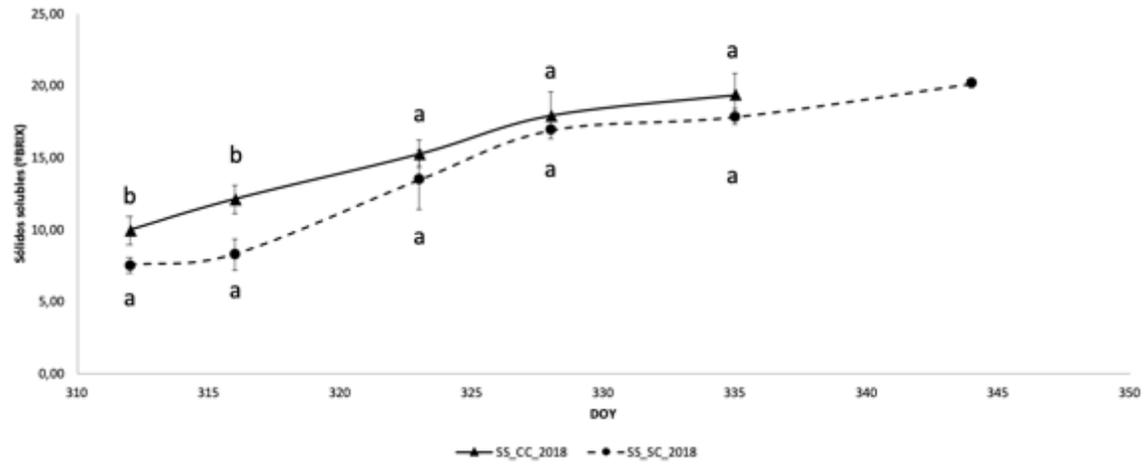
DOY	312	316	323	328	335	344
PF CC 2018 (g)	4,84 ± 0,17	6,54 ± 0,4	8,76 ± 0,43	10,7 ± 0,41	13,06 ± 0,84	-
PF SC 2018 (g)	4,38 ± 1,7	4,56 ± 0,52	6,58 ± 1,39	14,34 ± 0,36	15,02 ± 0,46	15,23 ± 0,28
Significancia	*	*	*	*	*	-
PS CC 2018 (g)	0,82 ± 0,07	1,3 ± 0,1	2,15 ± 0,17	2,27 ± 0,1	3,23 ± 0,26	-
PS SC 2018 (g)	0,52 ± 0,02	0,81 ± 0,13	1,47 ± 0,43	1,66 ± 0,12	1,86 ± 0,16	2,65 ± 0,05
Significancia	*	*	n.s.	*	*	-

Figura 10: Comportamiento del peso fresco y peso seco para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.



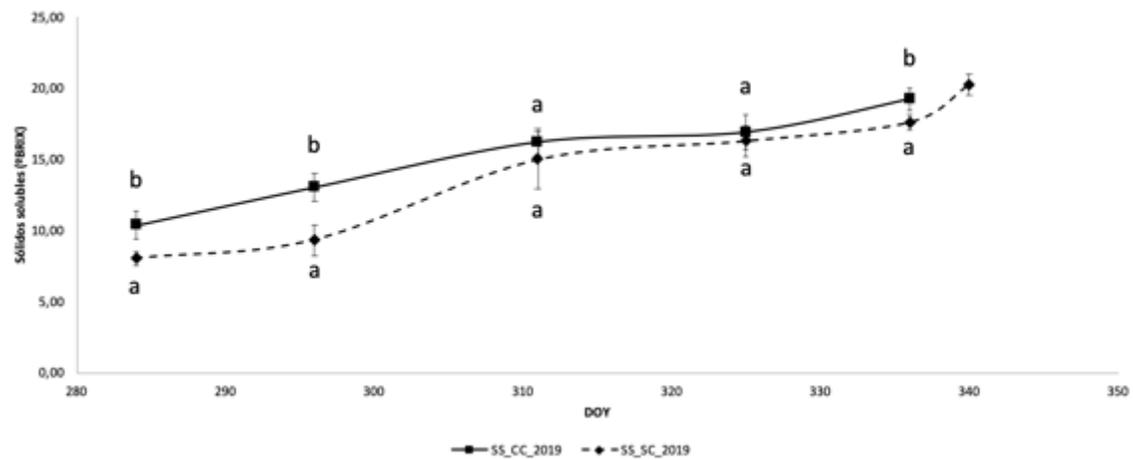
DOY	284	296	311	325	336	340
PF CC 2019 (g)	4,85 ± 0,15	6,54 ± 0,52	8,76 ± 1,49	8,77 ± 0,59	13,1 ± 0,36	-
PF SC 2019 (g)	4,38 ± 1,72	4,56 ± 0,52	6,57 ± 1,49	6,58 ± 1,39	14,34 ± 0,36	15,02 ± 0,46
Significancia	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	-
PS CC 2019 (g)	0,82 ± 0,02	1,32 ± 0,13	2,29 ± 0,43	2,31 ± 0,13	3,24 ± 0,16	-
PS SC 2019 (g)	0,52 ± 0,03	0,81 ± 0,13	1,44 ± 0,38	1,76 ± 0,15	1,92 ± 0,21	2,22 ± 0,09
Significancia	*	*	n.s.	*	*	-

Figura 11: Comportamiento del peso fresco y peso seco para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.



DOY	284	296	311	325	336	340
SS CC 2018 (°Brix)	9,94 ± 0,99	12,11 ± 1	15,25 ± 0,93	17,93 ± 1,62	19,37 ± 1,44	-
SS SC 2018 (°Brix)	7,51 ± 0,53	8,28 ± 1,06	13,45 ± 2,06	16,9 ± 0,01	17,84 ± 0,56	20,16 ± 0,34
Significancia	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	-

Figura 12: Comportamiento del contenido de sólidos solubles (°Brix) para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2018. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.



DOY	284	296	311	325	336	340
SS CC 2019	10,34 ±	13,02 ± 1	16,20 ±	16,9 ± 1,21	19,23 ±	-
(°Brix)	0,99		0,93		0,75	
SS SC 2019	8,02 ± 0,53	9,32 ± 1,06	14,95 ±	16,27 ±	17,59 ±	20,25 ±
(°Brix)			2,06	1,07	0,56	0,73
Significancia	*	*	n.s.	n.s.	*	-

Figura 13: Comportamiento del contenido de sólidos solubles (°Brix) para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) desde estado fenológico pinta a cosecha, durante la temporada 2019. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, $p < 0.05$); letras iguales indican sin diferencia estadística.

c. Comportamiento de las variables durante la cosecha

La información proporcionada en las figuras 8 y 9, se complementa con el cuadro 2, en el cual se observa que, en el tratamiento sin cobertura, la firmeza fue mayor durante la temporada 2019 y también para el promedio de ambas temporadas. Este resultado concuerda con lo observado por Cline *et al.*, (1995) para el cultivar ‘Merchant’ quien describió un aumento en la firmeza en el tratamiento sin cubierta frente al tratamiento con cubierta plástica, sin embargo, se contradice con lo observado por Ruisa *et al.*, (2017) en el cultivar ‘Lapins’, quien no observó diferencia estadística en la firmeza de pulpa al utilizar cobertura plástica. Este resultado fue similar al obtenido por Blanke *et al.*, (2008) en las variedades ‘Earlise’, ‘Burlat’ y ‘Souvenir des Charmes’, por Wallber *et al.*, (2014) en la variedad ‘Lapins’, y Sotiropoulos *et al.*, (2014) en las variedades ‘Early lory’, ‘Ferrovia’ y ‘Van’. Estas diferencias podrían estar explicadas por el efecto varietal y las diferentes climáticas propias de cada zona agroclimática de producción en estudio. Por su parte, Bastias *et al.*, (2018) registró una disminución de la firmeza en el cultivar ‘Santina’ al igual que Sotiropoulos *et al.*, (2014) en la variedad ‘Early star’ al utilizar las cubiertas plásticas. Estas diferencias en el atributo de firmeza se podrían explicar, a través, de dos manejos productivos, el primero de ellos sería el tiempo durante el cual se mantuvieron cerrados los techos (con cobertura) y al material utilizado para la construcción de las coberturas, puesto que estas cubiertas plásticas permiten una transmisividad de la luz PAR en un 80% y una

difusión de la luz superior a un 55%. La firmeza de los frutos está relacionada directamente con la temperatura micro-climática de estos, al aumentar la temperatura bajo la cubierta plástica (Salazar-Parra, *et al.*, 2019), la firmeza tiende a disminuir (Bourne, 1982). Además, al tener un fruto con un mayor peso fresco (mayor contenido de agua) y menor concentración de solutos en su interior (menor contenido de sólidos solubles). Esta fruta sería más susceptible a la pérdida de firmeza en el tratamiento bajo cobertura (cuadro 2).

En el caso de los sólidos solubles, estos aumentaron durante las dos temporadas de estudio en el tratamiento sin cobertura. Sin embargo, solo durante la temporada 2019 se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, similar a lo registrado por Cline *et al.* (1995), Sotiropoulos *et al.* (2014) y Flores (2017), en las variedades ‘Regina’, ‘Early lory’ y ‘Merchant’. Por el contrario, Balkhoven-Baart *et al.* (2005), Rubauskis *et al.*, (2014), observaron una disminución en el contenido de sólidos solubles en los cultivares ‘Lapins’ y ‘Krupnoplodnaya’ bajo cobertura, estas diferencias podrían ser atribuidas a la presencia de un manejo hídrico y nutricional deficitario.

El calibre tuvo un comportamiento similar a la firmeza, el cual fue mayor en el tratamiento sin cubierta, al momento de comparar las dos mediciones en madurez de cosecha, aun así, es interesante mencionar que existe una diferencia de 7 días entre la cosecha con cubierta plástica y sin cubierta plástica. Este resultado no concuerda con lo observado en literatura, ya que Blanke *et al.* (2008) y Flores (2017), quienes no encontraron diferencias significativas en este atributo para las variedades ‘Bing’, ‘Regina’, ‘Burlat’, ‘Earlise’, ‘Samba’ y ‘Souvenir des Charmes’; sin embargo, estas variedades se caracterizan por presentar calibres medios y mucha carga frutal, por lo que no son completamente comparables con la variedad ‘Lapins’ del presente estudio. Por otra parte, Cline *et al.* (1995), Flores (2017) y Bastias *et al.* (2018) registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en favor del uso de cubierta en las variedades ‘Merchant’, ‘Royal down’ y ‘Santina’. Estos resultados se pueden explicar por el aumento de la temperatura bajo las cubiertas plásticas (Salazar-Parra, *et al.* 2019), lo que se traduciría en una disminución de la tasa fotosintética a niveles óptimos (Ojeda, 2011) y un incremento de la tasa respiratoria de la planta y así incrementando la eficiencia en el uso de la radiación por parte de las plantas

(Healey *et al.*, 1998)(Sinclair *et al.*, 1992) lo que terminaría acelerando el desarrollo y crecimiento del fruto (Lawlor, 2005), si bien esto es parte de la teoría que puede dar paso a un nuevo estudio, debido a que los resultados del potencial hídrico xilemático de este estudio no mostraron diferencias en los dos tratamientos. Dicho resultado del calibre quedó evidenciado en el presente estudio, donde el tratamiento bajo cobertura presentó una precocidad a cosecha de siete días, aumentando de manera significativa el peso fresco de la fruta, debido a una mayor acumulación de grados día (figura 11) (cuadro 2).

En cuanto a la variable de color de fruta, el atributo de luminosidad (L^*) aumentó de forma significativa en el tratamiento con cubierta plástica en la temporada 2018 con valores de 26,7 unidades frente a 25,4 unidades, lo cual se interpreta como un color más claro en la fruta (Cuadro 3). Esta variación en luminosidad al momento de cosecha no generó diferencias en los demás atributos de calidad y madurez de la fruta. Esto se contradice con lo observado por Drake *et al.* (2002), quienes indicaron que al disminuir L^* y HUE^* , se registró una disminución en el peso fresco, firmeza, contenido de sólidos solubles y acidez titulable de la fruta en la variedad 'Lapins'. Por el contrario, Blanco *et al.* (2019) no observó diferencias al medir el color de la fruta producida con y sin cobertura en la variedad 'Royal Dawn'. En el caso de Sotiropoulos *et al.* (2014) observaron diferencias significativas en L^* , la que disminuyó durante la primera temporada de ensayo en las variedades 'Van' y 'Ferrovia', situación que no se repetiría durante la segunda temporada de evaluación, en la cual no se observaron diferencia estadística. Resultado muy similar a lo registrado en el presente estudio.

Estos resultados podrían sentar precedentes para explicar las posibles causas que podrían estar determinando las variaciones de color en la fruta, mediante la utilización de la aplicación informática $CieL^*a^*b^*$. En base a lo estudiado en la presente investigación, se puede indicar que los tratamientos evaluados no afectarían directamente el color de la fruta, aun así, este atributo de calidad estaría más relacionado con el contenido de sólidos solubles; Especialmente la luminosidad (L^*) y el croma, están correlacionados con el contenido de antocianinas (Barret *et al.*, 1994) (Mozetic *et al.*, 2003)

Cuadro 2 Análisis de varianza para las variables de calidad de fruta (Calibre (mm), Firmeza (kg cm⁻²), Peso seco (g), Sólidos solubles (°Brix), Acidez titulable y Peso fresco (g)) para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) a cosecha final de la temporada. Diferencias estadísticas entre tipo de cubierta para cada una de las variedades de cerezo. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, p <0.05); * significancia <0.05, n.s. no significancia).

Temporada	Tratamiento	Firmeza (kg cm ⁻²)	Calibre (mm)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Sólidos solubles (°Brix)
2018	Con Cubierta	195,15 ± 33,14	31,83 ± 0,62	3,23 ± 0,26	13,07 ± 0,84	19,37 ± 1,44
	Sin Cubierta	241,29 ± 9,85	32,75 ± 2,76	3,65 ± 0,05	12,29 ± 0,28	20,16 ± 0,34
	Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	<hr/>					
2019	Con Cubierta	226,51 ± 4,45 a	31,46 ± 0,11 a	3,24 ± 0,3	13,01 ± 0,61 a	19,23 ± 0,75 a
	Sin Cubierta	262,7 ± 12,46 b	33,67 ± 1,13 b	3,67 ± 0,09	11,78 ± 0,46 b	21,25 ± 0,73 b
	Significancia	**	*	n.s.	*	*
	<hr/>					
'18- '19	Con Cubierta	210,83 ± 27,24 a	31,65 ± 0,45 a	3,23 ± 0,25 a	13,09 ± 0,66 a	19,3 ± 1,1 a
	Sin Cubierta	254,13 ± 15,47 b	33,3 ± 1,67 b	3,66 ± 0,07 b	11,99 ± 0,45 b	20,81 ± 0,53 b
	Significancia	*	*	**	*	*
	<hr/>					

Cuadro 3 Análisis de varianza para los componentes del color L* y Hue* para condiciones de Cubierta (CC) y Sin Cubierta (SC) a cosecha final de la temporada. Diferencias estadísticas entre tipo de cubierta para cada una de las variedades de cerezo. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias (tukey, p <0.05); * significancia <0.05, n.s. no significancia.

Temporada	Tratamiento	L*	HUE*
2018	Con Cubierta	26,74 ± 2,2 a	0,27 ± 0,04 a
	Sin Cubierta	25,95 ± 2,1 b	0,29 ± 0,04 b
	Significancia	*	*
	<hr/>		
2019	Con Cubierta	27,86 ± 3,15	0,26 ± 0,05 a
	Sin Cubierta	29,34 ± 2,84	0,34 ± 0,05 b
	Significancia	n.s.	*
	<hr/>		
'18- '19	Con Cubierta	27,33 ± 0,05	3,23 ± 2,61 a
	Sin Cubierta	27,66 ± 2,44	3,66 ± 0,04 b
	Significancia	n.s.	*
	<hr/>		

El potencial hídrico xilemático no mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos en ninguna de las dos temporadas de estudio, ni tampoco al momento de cosecha. Por lo que el cobertor no generaría diferencias en el estado hídrico de planta entre ambas condiciones de manejo. Sin embargo, es interesante mencionar que la diferencia del potencial hídrico entre los tratamientos varió entre un 10% a un 20%. Independiente de lo anterior es importante mencionar que el rango de los valores de potencial hídrico xilemático en condiciones con cobertura presentaron valores máximos de potencial hídrico de mediodía de -0,38 MPa y mínimos de -0,91 MPa, mientras que, en el tratamiento sin cobertura se registraron valores máximos de -0,33 MPa y mínimos de -0,85 MPa de potencial hídrico de mediodía. Esto se debió a que los tratamientos de riego aplicados presentaron una reposición hídrica de sobre riego de 110% de la evapotranspiración del cultivo, con el objetivo de producir fruta con el mayor calibre posible.

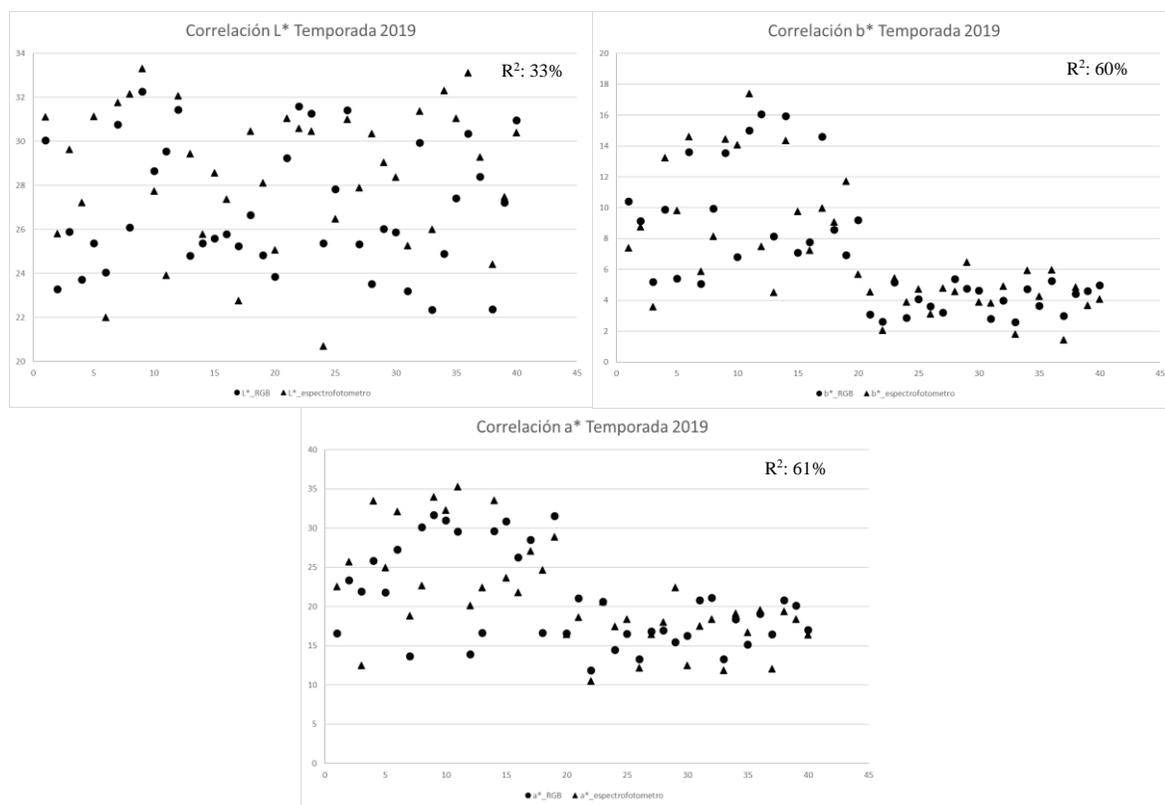


Figura 14: Comportamiento de las dos metodologías para la medición de los componentes del color, los círculos corresponden a los datos obtenidos por la metodología a través de fotografías RGB y los triángulos a los datos obtenidos con el espectrofotómetro.

En la figura 14, se puede observar la comparación de los resultados de la medición de color con las dos metodologías empleadas, en donde los se puede observar, a través de los r^2 , que la metodología a través del espacio RGB tiene correlaciones cercanas al 60%, siendo una opción para poder determinar el color de la fruta de una manera más rápida, eficiente y objetiva, en comparación con metodologías en base a la comparación de la fruta con láminas con colores predefinidos, el r^2 bajo del espacio L^* , puede estar dado por la luminosidad del ambiente en el cual se toman las fotografías, ya que este componente del color depende directamente de la luminosidad de la muestra en estudio y el reflejo de las fuentes de luz cercanas.

d. Conclusiones:

- La utilización de coberturas plásticas tendría efectos significativos sobre las variables de firmeza, calibre y sólidos solubles en ambas temporadas, produciendo cambios en la calidad y madurez de los frutos. Sin embargo, estos resultados podrían variar dependiendo del tiempo y el periodo fenológico en que estas coberturas estén siendo utilizadas, por lo que se debe buscar la forma de sobrellevar de la mejor manera posible la falta de firmeza de pulpa, utilizando coberturas sólo en periodos específicos durante la temporada, como en época de heladas en primavera y lluvia durante el periodo de madurez del fruto, teniendo mayor cuidado en la Fase III de crecimiento (pinta en adelante), cuándo la firmeza presenta la disminución más importantes.
- El uso de cubiertas plásticas produce una notable precocidad en la maduración de los frutos (siete días aproximadamente), produciendo fruta con mayor acumulación de azúcares y menor acidez, ambos atributos muy apetecidos por los consumidores. De esta forma, se pueden alcanzar fechas de cosecha anticipadas para ser exportadas y llegar de manera adelantada a los mercados de destino, logrando fruta de mejor calidad gustativa al presentar proporciones de sólidos solubles/acidez titulable más cercanos al índice óptimo.

- Por su parte, el calibre, se ve favorecido significativamente por la utilización de coberturas, abriendo una ventana para alcanzar categorías de mayor calibre, accediendo a mercados más exigentes y a mejores precios.
- No existe un efecto significativo del uso de cubierta en el estado hídrico de la planta, sin embargo, esta variable está mediada por otros factores, tales como el manejo del riego y las características propias del suelo, por lo cual, los resultados no son concluyentes. Para comprender en más detalle la respuesta de la planta, hubiera sido interesante incorporar mediciones de respuesta fisiológica, de tal forma de buscar una mejor relación con el estado hídrico y los efectos generados por el uso de cubiertas sobre el comportamiento fisiológico de la planta.
- Si bien las cubiertas plásticas llegaron para cambiar la forma en que se hace fruticultura, su uso produce cambios en la calidad y condición de la fruta, lo cual hace necesario realizar nuevos ensayos que permitan determinar los periodos en más sensibles a la pérdida de firmeza de la fruta, buscando el equilibrio entre la ganancia de calibre y aumento de precocidad, obteniendo la mejor calidad posible para acceder a los mercados más exigentes y de mayores retornos al productor.
- La metodología para la determinación del color a través del espacio RGB y su transformación al espacio CIEL*a*b*, es una forma más eficiente, económica y eficiente para la determinar de este parámetro en comparación a las metodologías que utilizan la comparación a través del uso de plantillas. Aún así, es necesario estandarizar aún más estas metodologías y transformarlas para poder trabajar de manera remota, y hacer las mediciones en terreno.

V. Anexos

Anexo 1: Fotografías explicativas de cada color del fruto en las semanas de medición

Semana 1: Bajo cubierta, color verde con puntas rojas (imagen a); Sin cubierta, verde (imagen b)

Imagen a



Imagen b



Semana 2: Bajo cubierta, inicio color pajizo (imagen c); Sin cubierta, inicio color pajizo (imagen d)

Imagen c



Imagen d



Semana 3: Bajo cubierta, viraje color rojo (imagen e); Sin cubierta, inicio viraje color rojo (imagen f)

Imagen e



Imagen f



Semana 4: Bajo cubierta, color rojo (imagen g); Sin cubierta, viraje color rojo (imagen h)

Imagen g



Imagen h



Semana 5: Bajo cubierta, color rojo (imagen i); Sin cubierta, viraje color rojo (imagen j)

Imagen i



Imagen j



Semana 6: Sin cubierta, color rojo (imagen k);

Imagen k



VI. Bibliografía

- 1) Agromet; 2020. Datos históricos climáticos. Red agroclimática Nacional. [Www.agromet.cl](http://www.agromet.cl).
- 2) Baggiolini, M; 1952. Stade repères du pecher. *Revue Romande d'Agriculture, Viticulture et Arboriculture* 4,29.
- 3) Balbontín, C., Ayala, H., Bastías, R; 2013. Cracking in sweet cherries: A comprehensive review from a physiological, molecular, and genomic perspective. *Chilean J Agric Res* 73:66–72. Doi: 10.4067/S0718-58392013000100010.
- 4) Balkhoven-Baart, J. M. T., & 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. doi:10.17660/actahortic.2005.667.49
- 5) Bastías, R., Leyton, M. 2018. Producción de cerezos bajo rafia y plástico: Efectos en el microclima, calidad y condición de fruta. *Revista frutícola COPEFRUT S.A.*, Vol. 40 N°2, Pág. 8-14.
- 6) Barrett, D. M., & Gonzales, C. (1994). Activity of softening enzymes during cherry maturation. *Journal of Food Science*, 59(3), 574–577.
- 7) Beppu, K.; Kataoka, I; 1999. High temperature rather than drought stress is responsible for the occurrence of double pistils in Satohnishiki' sweet cherry. *Scientia Horticulturae* 8(2): 125-134.
- 8) Bidwell, R.; 1993. *Plant physiology*
- 9) Blanco, V., Domingo, R., Pérez-Pastor, A., Blaya-Ros, P., Torres-Sánchez, R.; 2018. Soil and plant water indicators for deficit irrigation management of field-grown sweet cherry trees, *Agricultural Water Management*. Volume 208, 2018, Pages 83-94.
- 10) Blanco, V., Domingo, R., Toledo, R., Pérez, A., Torres, R.; 2016 Respuesta del cerezo var. ‘Prime Giant’ al riego deficitario: primeros resultados, *Anuario de jóvenes Investigadores*. Vol. 9, 2016, págs. 116-119.
- 11) Blanco, V., Zoffoli J., Ayala, M. 2019. High tunnel cultivation of sweet cherry (*Prunus avium* L.): physiological and production variables, *Scientia Horticulturae*, Volume 251, 2019, Pag. 108-117.

- 12) Blanke, M. M., & Balmer, M. 2008. Cultivation of sweet cherry under rain covers. *Acta Horticulturae*, (795), 479–484. doi:10.17660/actahortic.2008.795.72
- 13) Blanke, M; 2018. Efecto de mallas y reflectantes en frutales. Boletín número 2, Volumen 18, Centro de POMACEAS, Universidad de Talca.
- 14) Børve, J., Skaar, E., Sekse, L; 2003. Rain Protective Covering of Sweet Cherry Trees—Effects of Different Covering Methods on Fruit Quality and Microclimate. *Horttechnology* 13:143–148.
- 15) Bourne, M. 1982. Effect of Temperature on Firmness of Raw Fruits and Vegetables. *Journal of Food Science*, 47(2), 440–444.
- 16) Chiang, A., Schnettler, B., Mora, M., & Aguilera, M. (2018). Perceived Quality Of And Satisfaction From Sweet Cherries (*Prunus Avium L.*) In China: Confirming Relationships Through Structural Equations. *Ciencia E Investigación Agraria*, 210-219.
- 17) Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillère, J.P; 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany* 87: 477-483.
- 18) Cline, J. A., & Webster, T. D. 1995. Protective Rain Covers Influence the Rain-inducing Cracking and Quality of Sweet Cherries, *hortscience hortsci*, 30(4), 845D-845. Retrieved Jun 26, 2020, from <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/30/4/article-p845d.xml>
- 19) Cline, JA., Meland, M., Sekse, L., Webster, AD; 2009. Rain Cracking of Sweet Cherries: II. Influence of Rain Covers and Rootstocks on Cracking and Fruit Quality. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 45:224–230.
CR2, 2018. Explorador climático del Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia. Doi: 10.1080/09064719509413108.
- 20) Drake, S., Elfving, D. 2002. Indicators of Maturity and Storage Quality of `Lapins' Sweet Cherry, *horttechnology horttech*, 12(4), 687-690.
- 21) Edin, M., Lichou, J., Saunier, R; 1997. Cerise, les variété et leur conduite. Le cerisier. Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Légumes, Paris. 239 p.
- 22) FAOSTAT, 2007. Statistical Database. [Http://www.fao.org/corp/](http://www.fao.org/corp/)

- 23) Flore, J.A., Layne, D.R; 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. Hortscience 34(6): 1015-1019.
- 24) Flores, C.; 2017. Uso del cobertor anti-partidura y su efecto sobre la calidad y condición de la fruta y fisiología de cerezos (*Prunus Avium* L.) Cultivares Bing y regina. Tesis de grado. Licenciado en ciencias agrarias, Universidad de Talca
- 25) Gallardo, I., Matamala, J., Sánchez, F; 1994. Caracterización físico-hídrica de los suelos de Pencahue.
- 26) Gao, L. Y Mazza, G. (1995). Characterization, quantification, and distribution of anthocyanins and colorless phenolic in sweet cherries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 43: 343-346.
- 27) Goñi, S., Salvadori, V., (2015). Medición de color de alimentos en el pascio CIELAB a partir de imágenes. Argentina.
- 28) Guyer, D., Sinha, N., Chang, T.-S., & Cash, J. (1993). Physicochemical and sensory characteristics of selected michigan sweet cherry (*prunus avium* l.) Cultivars. Journal Of Food Quality, 355-370.
- 29) Hartman, H., & Bullis, E. (1929). Investigations Relating To The Handling Of Sweet Cherries. Corvallis: Agricultural Experiment Station Oregon State Agricultural College.
- 30) Iqonsulting, 2020. Anuario 2019/2020, Mercado internacional de cerezas.
- 31) Kader, A., Mitchell, G; 1981. Maturity and Quality. In: J.H. Larue y R.S. Johnson. Peaches, plums and nectarines, growing and handling for fresh market. Oakland, Universidad de California. Pp 191-196.
- 32) Kappel, F., Fisher-Fleming, B., & Hogue, E. (1996). Fruit Characteristics And Sensory Attributes Of An Ideal Sweet Cherry. Hortscience, 443-446.
- 33) Keller, J.D., Loescher, W.H.; 1989. Nonstructural carbohydrate partitioning in perennial parts of sweet cherry. Journal American Society Horticultural Science 114:969-975.
- 34) Lavandero, C; 2012. Efecto de tres niveles de reposición hídrica sobre la concentración de polifenoles totales en hojas de maqui, *Aristotelia Chilensis*. (Mol) Stuntz

- 35) Lawlor, D. W. 2005. Plan responses to climate change: impacts and adaptation. In: Omasa, I. Nouchi, and L. J. De Kok. (eds). Plant Responses to Air Pollution and Global Change. K. Springer-Verlag. Tokio. Pp: 81-88.
- 36) LEE S.M., XIN J.H., WESTLAND S. 2005. Evaluation of image similarity by histogram intersection. *Color Research and Application* 30(4):265-274.
- 37) Lee, P. Y., Lusk, K., Miroso, M., & Oey, I. (2015). An attribute prioritization-based segmentation of the chinese consumer market for fruit juice. *Food Quality And Preference*, 1-8.
- 38) Lemus, G; 2005. Manual producción: El cultivo del cerezo. Published online: May 1, 2005. 1-8
- 39) Lichou, J., Edin, M., Tronel, C., Sounier, R; 1990. Le Cerisier. Ctifl, Paris.
- 40) MATLAB. (2010). *Version 7.10.0 (r2010a)*. Natick, Massachusetts: The mathworks Inc.
- 41) Medrano, H., Escalona, J., Bota, J., Gulias, J., Flexas, J; 2002. Regulation of Photosynthesis of C3 Plants in Response to Progressive Drought: Stomatal Conductance as a Reference Parameter. *Annals of Botany* 89: 895 – 905.
- 42) Mendoza, F., Aguilera, J.; 2009. Application of image analysis for classification of ripening bananas. *Journal of Food Science*
- 43) Miranda, J. Legal-Ayala, Horacio & Vazquez Noguera, Jose & Gonzalez, Laura. (2018). Clasificación automática de naranjas por tamaño y por defectos utilizando técnicas de visión por computadora.
- 44) Mozetič, B., Trebše, P., Simčič, M. Y Hribar, J. 2004. Changes of anthocyanins and hydroxycinnamic acids affecting the skin colour during maturation of sweet cherries (*Prunus avium L.*). *Lebensm. Wiss. Technol.* 37: 123-128.
- 45) Novoa, S.A., Villaseca, C. 1989. Mapa agroclimático de Chile.
- 46) ODEPA, 2016. Cerezas, frutas en expansión. 6 p.
- 47) ODEPA, 2020. Boletín fruta fresca marzo 2020.
- 48) Ortega-Farías, S., Duarte, M., Acevedo, A., Moreno, Y. And Córdova, F. 2004. Effect of four levels of water application on grape composition and midday stem water potencial on *Vitis Vinifera L.* Cv. Cabernet Sauvignon. *Acta Hort. (ISHS)* 664:491-497.

- 49) Padrón, C; 2009. Tema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas $cie-l^*a^*b^*$. Nota técnica. Agronomía Costarricense
- 50) Petro-Balaguer, A; 2006. Analytical methods for the study of color in digital images. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctora en Matemàtiques. Universitat de les Illes Balears. 150 p.
- 51) Podestá, L; 2007. Influencia de restricciones hídricas postcosecha en el crecimiento vegetativo y reproductivo en plantaciones jóvenes de cerezo (*Prunus avium* L.). Published online: November 1, 2007.
- 52) Podestá, Lidia; Sánchez, Enrique E.; Vallone, Rosana; Morábito, José (2010) 'Efecto del riego deficitario controlado sobre el crecimiento vegetativo en plantaciones jóvenes de cerezo (*Prunus avium* L.): 'En: *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Vol. 42, no. 1, p. 73-91.
- 53) Proebsting, E.L.; Middleton, J.E.; Mahan, M.O; 1981. Performance of bearing cherry and prune trees under very low irrigation rates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 16:243-246.
- 54) Quero-Garcia, J., Lezzoni, A., Pulawska, J., Lang, G; 2017. Cherries: Botany, Production and Uses.
- 55) Romano G., Cittadini E., Pugh B., Schouten R. 2006. Sweet cherry quality in the horticultural production chain. *Stewart Postharvest Review* 6:2.
- 56) Rubauskis, E., Skrīvele, M., Ruisa, S., & Feldmane, D. (2013). Effects of Voen Cover on the Growth and Yield of two Sweet Cherry Cultivars. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 67(2), 157–161. Doi:10.2478/prolas-2013-0024
- 57) Ruisa, S., Feldmane, D., Skrivele, M., Rubauskis, E., y Kaufmane, E. 2017. The effect of rain protective covering on sweet cherry fruit quality. *Acta Horticulturae*, 1161, 143–147.
- 58) Salazar-Parra, C., Selles, G., Defilippi, B., Montano, C., Vergara, A., García, V., Marfá, G., (2019) Efecto de cubiertas plásticas sobre variables micro climáticas. *Boletín INIA* n° 402.

- 59) Sanchis, V., Ramos, A.; 2000. Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual. *Revista iberoamericana de Micología*, 17(1), 69-75.
- 60) Santillán, N.S., René, Y., Hombre, D., Uam-Xochimilco, A.; 2008. Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. Published online: January 23, 2008.
- 61) Sekse, L.; 2015. Cuticular fracturing in fruits of sweet cherry (*Prunus avium* L.) Resulting from changing soil water contents. *Journal of Horticultural Science* 70:1–82. Doi: 10.1080/14620316.1995.11515336
- 62) Serrano M., Díaz-Mula H., Zapata P., Castillo S., Guillén F., Martínez-Romero D., Valverde J., Valero D. 2009. Maturity stage at harvest determines the fruit quality and antioxidant potential after storage of sweet cherry cultivars. *J. Agr. Food Chem.* 57: 3240-3246.
- 63) Sotiropoulos, T., Petridis, A., Koukourikou-Petridou, M., Koundouras, S., Therios, I., Koutinas, N., Kazantzis, K., Pappa, M. 2014. Efficacy of using Rain Protective Plastic Films against Cracking of Four Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivars in Greece. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* v2: 1035-1040.
- 64) Sun, C.-H. (2010). The Impact Of Auction Characteristics On Prices Of Agricultural Products Traded Online: Evidence From Cherries. *Agricultural Economics*, 587-594.
- 65) Takashi, N.; Masayuki, O.; Hidezaku, S. 1997. Effects of wind and vapor pressure deficit on transpiration of tomato scions. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 66, 105-112
- 66) Tukey, L.D.; 1981. Growth and development in tree fruits. En: Tukey, R.B. and Williams, M.U. eds. *Tree fruit growth regulators and chemical thinning*. Washington State University, Pullman p 1-45.
- 67) Turechek, W., Peres, N., Werner, N.; 2006. Preand post-infection activity of pyraclostrobin for control of anthracnose fruit rot of strawberry caused by *Colletotrichum acutatum*. *Journal of Plant disease*, 90(7), 862-868
- 68) 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.

- 69) Wang, H., Cao, G. Y Prior, R. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 304-309.
- 70) Wirth, J., Kappel, F., & Scheewe, P. (2009). The Effect Of Cultivars, Rootstocks, Fruit Maturity And Gibberellic Acid On Pedicel Retention Of Sweet Cherries (*Prunus Avium L.*). *Journal Of The American Pomological Society*, 1 08-114.