



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

**Evaluación del uso de bio-estimulantes sobre el comportamiento fisiológico del cerezo
(*Prunus avium L.*) en los cultivares Santina y Lapins, con uso de cobertor.**

MEMORIA DE TÍTULO

LUCAS IGNACIO NAVARRO RETAMAL

TALCA, CHILE

2020

CONSTANCIA

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



Talca, 2021

APROBACIÓN:



Profesor Guía: César Acevedo Opazo, Ingeniero Agrónomo, Doctor y Magister en Ciencias Agronómicas.



Profesor Co-guía: Paulo Cañete Salinas, Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agrarias.

Fecha de presentación de la defensa de memoria: 27 de septiembre de 2021.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, porque su voluntad es buena, agradable y perfecta. Porque me permitió estudiar esta bonita carrera, me entregó las herramientas necesarias para poder desempeñar de la mejor manera este proceso universitario. Y, porque sin duda que, sin su ayuda, nada de esto podría haber hecho.

A mi polola Krishna Reyes, por estar apoyándome en gran parte de mi carrera universitaria, por aconsejarme, soportarme y estar ahí cuando lo necesito. Por tu incondicionalidad y forma de ser conmigo, gracias.

A mi familia, porque me impulsaron a seguir adelante y me dieron enseñanzas necesarias para algunos momentos. Porque siempre me recuerdan que debo ser dedicado en hacer las cosas, y priorizar. Por dedicarme sus tiempos en los momentos que necesitara, y por cuidarme.

A mis compañeros y amigos del grupo "Las estrellitas" que hicieron de esta experiencia, algo memorable.

Gracias a los profesores César Acevedo y Paulo Cañete, que me ayudaron y guiaron en todo momento, teniendo una muy buena disposición al momento de enseñarme y aconsejarme en algo.

Gracias también a los asistentes de limpieza y ornato del lugar, docentes y personal en general de la Universidad de Talca, que sin duda hicieron más grato el tiempo de estudio.

Y agradecer nuevamente a Dios, "porque de él, y por él, y para él, son todas las cosas. A él sea la gloria por los siglos. Amén."

(Romanos 11:36)

RESUMEN

El cambio climático está generando importantes modificaciones en el régimen de las precipitaciones, tales como disminución de la pluviometría y granizos, aumento de la radiación solar (golpes de sol en frutos) y mayor frecuencia de heladas, entre otros. Estos cambios influyen negativamente sobre la fenología y fisiología de los frutales y cultivos, afectando su rendimiento y productividad. Esto se hace relevante, cuando no existen medidas preventivas o curativas que prevengan o mitiguen sus efectos negativos. Para hacer frente a esta situación, el uso de bioestimulantes es una opción viable de ser utilizada bajo condiciones de estrés ambiental (falta de agua y alta radiación), actuando positivamente sobre la respuesta fisiológica de las plantas. El objetivo del presente estudio consistió en evaluar el uso de bio-estimulantes sobre el intercambio gaseoso y estado hídrico de planta en cerezos (*Prunus avium* L.) bajo condiciones comerciales. El ensayo se realizó en el Fundo Agrícola 'El Guindo', localizado en la comuna de Pehuenhue (35°24'50"S 71°46'54"W), Región del Maule, Chile, durante la temporada 2020-2021. Se estudiaron variables fisiológicas de planta, tales como potencial hídrico xilemático, temperatura del dosel, transpiración, asimilación neta, conductancia estomática, temperatura de la hoja y déficit de presión de vapor. Los cobertores fueron utilizados de acuerdo con el manejo realizado tradicionalmente por el productor para el cv. Santana y Lapins, ambos injertados sobre MaxMa14 en un sistema de conducción en eje central. Al respecto, se evaluaron tres tratamientos: T1: BioForge; T2: ReZist y T0: Control. T1 presentó los mejores resultados, mostrando niveles de estado hídrico de planta en torno a los -0.7 MPa, mientras que el tratamiento control (sin aplicación) se mantuvo entre los -0.8 y -0.9 MPa. Misma situación ocurrió para la tasa de asimilación, la cual estuvo por sobre los 2 mol m⁻² s⁻¹ en gran parte de las fechas muestreadas durante la temporada. Así, los resultados muestran que T1 se presenta como una alternativa interesante de ser utilizada a nivel de productor, ya que reduce el estrés hídrico de las plantas, aumentando la transpiración, asimilación neta y conductancia estomática, sobre todo en el cultivar Santana. Sin embargo, en el cv. Lapins los resultados no fueron tan claros.

Palabras clave: Cerezos, bioestimulantes, Santana, Lapins, variables fisiológicas.

ABSTRACT

Climate change is leading to significant changes in the rainfall regime, such as reduced rainfall and hail, increased solar radiation (sunburns on fruit) and increased frosts frequency, among others. These changes negatively influence the phenology and physiology of fruit trees and crops, affecting their yield and productivity. This becomes relevant when there are no preventive or curative measures to prevent or mitigate its negative effects. To cope with this situation, the use of biostimulants is a viable option to be used under conditions of environmental stress (lack of water and high radiation), positively acting on the physiological response of plants. The aim of this study was to evaluate the use of bio-stimulants on gas exchange and plant water status in cherry trees (*Prunus avium* L.) under commercial conditions. The trial was carried out in "El Guindo" commercial orchard, located in the commune of Penciahue (35°24'50"S 71°46'54"W), Maule Region, Chile, during the 2020-2021 season. Physiological variables in plants were studied, such as xylemic water potential, canopy temperature, transpiration, net assimilation, stomatal conductance, leaf temperature and vapour pressure deficit. The covers were used according to the management traditionally performed by the producer for the cv. Santina and Lapins, both grafted onto MaxMa14 in a central axis driving system. Three treatments were evaluated: T1: BioForge; T2: ReZist and T0: Control. T1 presented the best results, showing plant water status levels around -0.7 MPa, while the control treatment (without application) remained between -0.8 and -0.9 MPa. The same situation occurred for the assimilation rate, which was above 2 mol m⁻² s⁻¹ in most of the dates sampled during the season. Thus, the results show that T1 is an interesting alternative to be used at the production level, since it reduces the water stress of the plants, increasing transpiration, net assimilation and stomatal conductance, especially in the Santina cultivar. However, in cv. Lapins the results were not so clear.

Key words: Cherry trees, bio-stimulants, Santina, Lapins, physiological variables.

ÍNDICE

Página

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivo general.	2
1.3 Objetivos específicos.	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Generalidades del cerezo	4
2.2 Estados fenológicos del cerezo	5
2.3 Cultivares de cerezo	6
2.3.1 Cultivar Santina	6
2.3.2 Cultivar Lapins.....	6
2.4 Portainjerto MaxMa 14	7
2.5 Uso de camellones en frutales.....	7
2.6 Sistema de conducción de Eje Central	7
2.7 Uso de cubiertas plásticas en cerezo	7
2.8 Uso de Bio-estimulantes en cerezos	8
2.9 Ácido salicílico.....	8
2.10 Variables fisiológicas.....	9
2.10.1 Estado hídrico de planta	9
2.10.2 Temperatura del dosel (T° Dosel)	9
2.10.3 Transpiración.....	9
2.10.4 Tasa de asimilación fotosintética	10
2.10.5 Conductancia estomática.....	10
2.10.6 Temperatura de la hoja (T° Hoja).....	11
2.10.7 Déficit de presión de vapor (DPV).....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Localización y características edafoclimáticas de la zona de estudio	12
3.2 Material vegetal.....	13
3.3 Características de ensayo.....	14
3.4 Evaluaciones fisiológicas en plantas de cerezos.....	15
3.4.1 Mediciones de intercambio gaseoso.....	15
3.4.2 Estado hídrico de planta:	16
3.4.3 T° Dosel.....	17

3.5	Análisis de datos	17
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1	Análisis climático localidad de Péncahue	18
4.2	Análisis de componentes principales	18
4.3	Variables fisiológicas.....	21
4.3.1	Potencial hídrico xilemático.....	21
4.3.2	Temperatura de Dosel	23
4.3.3	Tasa de transpiración.....	25
4.3.4	Tasa de asimilación neta o fotosíntesis.	27
4.3.5	Conductancia estomática.....	29
4.3.6	Temperatura de Hoja	31
4.3.7	Déficit de presión de vapor	33
5.	CONCLUSIONES	35
6.	CITAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 2.1: Detalle de los principales estados fenológicos de la yema floral.....	5
Cuadro 4.1. Datos de distintas variables climáticas extraídas de estación Pencahue.....	18

1. INTRODUCCIÓN

La exportación de fruta fresca, en el mes de enero de 2020 alcanzó volúmenes de venta de 1.055 millones de dólares FOB y 281 mil toneladas, que, comparadas con el mismo mes del año anterior, no presentaron alteraciones en los volúmenes de exportaciones, sino que registraron una disminución de 23% en el valor de venta. La principal fruta fresca exportada de nuestro país es la cereza, con 131 mil toneladas y 675 millones de dólares FOB de exportación, con destino principal al mercado asiático, más específicamente China, presentando un 94% del volumen de exportación. Posteriormente se encuentran arándanos, uvas y paltas, respectivamente (ODEPA, 2020).

El cerezo (*Prunus avium L.*) es originario de Europa, Asia Menor y Norte de África (Labra *et al.*, 2005). El interés que tienen países como Hong Kong y China por esta fruta fresca ha ido en aumento, debido a la cultura que poseen y que califican a la cereza como un producto suntuario y de prosperidad (Montiel *et al.*, 2010).

El cultivo de cerezo en Chile ha presentado una constante alza en la superficie plantada con este frutal. Para el 1999 este frutal poseía una superficie de 3.699 ha, la cual incrementó a 39.645 ha de cerezos plantados al 2020. Mostrando una variación positiva de un 3,3% en comparación con el año 2019 (ODEPA,2020).

La superficie de cerezo en la región del Maule alcanza las 17.656 hectáreas al año 2019, posicionándose como la principal región productora de esta fruta en estado fresco. En segundo lugar, se encuentra la Región de O'Higgins con 13.699 ha de cerezo el año 2018 (ODEPA, 2019).

Los 4 principales cultivares de cerezo plantados durante el periodo 2005-2008 en Chile fueron Sweetheart, Bing, Lapins y Santina, ocupando un 67,1% de la venta total (Ayala, M. 2009). En relación con los portainjertos más utilizados en nuestro país, tenemos en primer lugar a Colt, con un porcentaje de ventas de 35,9%, seguido muy de cerca por Gisela 6 con un 30,4% y en tercer lugar Cab 6P con un 15,4%. El primero, presentó un alza en ventas en comparación al periodo 2000-2004 (Ayala, 2009).

En la actualidad, muchos productores utilizan bio-estimulantes con la finalidad de aportar a las plantas de cerezos una mayor tolerancia a las condiciones medioambientales adversas (alta radiación, altas temperaturas y baja humedad relativa), favoreciendo el desarrollo de las plantas durante el período de crecimiento del cultivo, tanto en pre como en postcosecha. Estas sustancias

potencian el crecimiento y desarrollo de la planta, aportándole una mayor tolerancia tanto al estrés biótico, como abiótico (Morales *et al.*, 2017).

Por otro lado, tenemos la utilización de cobertores plásticos para el manejo de pre y postcosecha del cerezo, los cuales se transforman en una buena alternativa de manejo ante eventos climáticos adversos (heladas primaverales temprana y lluvias durante el periodo de maduración de la fruta), protegiendo de manera eficaz a los frutos de eventos importantes de partidura (Mika *et al.*, 2019).

Para un productor que desea alcanzar altos rendimiento y una buena calidad de fruta, es indispensable contar con las herramientas necesarias para alcanzar este objetivo. De esta manera el uso combinado de tecnologías como bio-estimulantes y cobertores plásticos, se hacen indispensables para la producción de fruta de exportación con un alto valor agregado. Al respecto, existe escasa información sobre el uso combinado de bio-estimulantes y cubiertas plásticas sobre el comportamiento fisiológico del cerezo. A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente trabajo de investigación:

1.1 Hipótesis.

El uso combinado de bio-estimulantes y cobertor plástico genera un incremento en las variables de intercambio gaseoso y estado hídrico de planta en cerezos cultivares Santina y Lapins, mejorando su aclimatación ante condiciones de estrés ambiental durante el periodo de postcosecha.

1.2 Objetivo general.

Evaluar el comportamiento de las variables de intercambio gaseoso y estado hídrico de planta en cerezos (*Prunus avium L.*) cv. Santina y cv. Lapins, al utilizar de manera combinada bio-estimulantes y cobertor plástico en un huerto comercial.

1.3 Objetivos específicos.

1. Evaluar el comportamiento de variables fisiológicas de planta (estado hídrico xilemático, transpiración, conductancia estomática, tasa de asimilación neta, T° del dosel, T° de la hoja y déficit de presión de vapor) en los cv. Santina y Lapins, al utilizar de manera combinada bio-estimulantes y cobertor plástico en un huerto comercial de cerezos.
2. Evaluar el efecto de aplicación de bio-estimulantes sobre la tolerancia del cerezo (*Prunus avium L.*) cv. Santina y Lapins a condiciones de estrés ambiental bajo cobertor plástico.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del cerezo

El cerezo o cerezo dulce (*Prunus avium* L.) es una especie de la familia Rosaceae que se caracteriza por ser una especie alógama $2n = 2x = 16$ cromosomas, que presenta una autoincompatibilidad durante el periodo fenológico de reproducción. Es una especie originaria del Mar Negro y Mar Caspio que puede ser cultivada en zonas templadas y frías. Las principales razones para ser cultivada son la producción de frutos comestibles y de madera de alta calidad (Moreno y Manzano, 2002).

Es un frutal de hoja caduca que posee una gran envergadura, pudiendo alcanzar los 20 metros de altura (Lemus, 2005). Tiene un crecimiento acrotónico, es decir, que las yemas apicales en crecimiento inhiben el desarrollo de los brotes laterales, esto conlleva a que su crecimiento sea más bien influenciado por la yema apical (dominancia apical)' (Lauri y Claverie, 2001). Generalmente los cerezos presentan una maduración rápida, demorando de 2 a 3 meses entre los periodos fenológicos de floración a cosecha (Rieger, 2006).

Su fruto corresponde a una drupa, formada por un carozo que contiene una semilla simple cubierta por una testa dura, un tejido carnoso o mesocarpio generalmente comestible, una piel o epicarpio de tipo lisa y de color amarillo en unos casos, hasta casi negro en otros (Lemus, 2005).

Durante la temporada 2014/15 se observó un alza en relación con la producción mundial de cerezo. Según Muñoz (2015), alcanzando 2,41 millones de toneladas de fruta fresca, lo que corresponde a un aumento de un 1,5% en relación con la temporada anterior. Chile se encuentra en sexto lugar en la producción mundial de cerezas. En primer lugar, destaca Turquía, con 20,7%. Le sigue Estados Unidos con 16,4% y China con Ucrania con un 9,1% cada una.

Dentro de los principales países que consumen este tipo de fruta fresca se encuentran, en orden descendiente: Turquía, Estados Unidos y China. El principal país importador es China, con una cifra del 28%, mientras que el principal exportador es Chile, ya que tiene la capacidad de producir cerezas en contra estación, lo que les otorga un importante valor agregado a sus ventas, alcanzando precios promedio de USD 7,74 por kilo. Durante las últimas temporadas censadas, el principal destino de las exportaciones chilenas de cereza fue China, con 74,6% del volumen de fruta exportado a este país (Muñoz, 2015).

2.2 Estados fenológicos del cerezo

Debido a que cada especie frutal y sus variedades se comportan de forma particular en situaciones edafoclimáticas distintas, es de suma importancia conocer el comportamiento de la variedad que se utilizará en campo, en conjunto con su portainjerto (Negrón, 2005).

A su vez, es común encontrar en una planta diversos estados fenológicos coexistiendo al mismo tiempo, por lo que se utiliza un criterio de clasificación en común para las especies estudiadas. Este considera la transición del estado fenológico cuanto éste se presentaba en la planta en un 50% o más. En el siguiente cuadro se detallan los principales estados fenológicos de la yema floral de *P. avium* descritos según INIA:

Cuadro 2.1 Detalle de los principales estados fenológicos del cerezo.

Estado	Definición
Yema en receso	Estado de reposo de yema, cubierta por brácteas protectoras.
Botón verde	En extremo de yemas se observan las puntas verdes de los primordios florales.
Botón blanco	En extremo de yemas florales se observan los pétalos blancos de las flores.
Inicio de floración	Existe, al menos, un 10% de flores abiertas.
Plena floración	El 90% o más de las flores se presentan abiertas.
Caída de restos florales	El ovario fecundado se agranda y se observan el pistilo, los estambres, los sépalos y los pétalos senescentes.
Fruto cuajado pequeño	El fruto presenta un acelerado crecimiento.
Pinta	Comienzo del cambio de color.
Cosecha	Fruto listo para cosechar.

2.3 Cultivares de cerezo

Cada cultivar de cerezo poseen diversos factores que los diferencian unos de otros, estos tienen relación con la calidad y rendimiento de los frutos, que posteriormente a cosecha serán comercializados en el mercado. Según Lemus (2005), dentro de los principales aspectos de selección de un cultivar de cerezo se puede encontrar:

- Buen calibre y sabor de la fruta, con resistencia a partidura en precosecha.
- Fecha de cosecha, con el fin de establecer un huerto de tipo temprano o tardío, de acuerdo con las necesidades de demanda, teniendo un periodo más largo de oferta.
- Firmeza y resistencia del fruto a la manipulación en cosecha y postcosecha, con su posterior transporte que puede ser a través del mar (tarda un mínimo de 15 días si su destino es América del Norte, y casi un mes a Europa).

2.3.1 Cultivar Santina

Es un cultivar de tipo temprano, con una firmeza alta, de piel brillante y atractiva, con una forma ovalada y pedicelo de tamaño medio a largo. Su sabor es moderadamente dulce para ser de tipo temprano. Presenta mediana resistencia a la partidura de frutos en climas adversos, en comparación a varios cultivares que no lo poseen, como Sunburst o Summit, que son más susceptibles a la partidura antes de su madurez comercial (Lemus, 2005).

2.3.2 Cultivar Lapins

Es el resultado del cruzamiento entre los cultivares "Van" y "Stella". Presenta un vigor medio a alto combinado con la mayor parte de los portainjertos, es auto fértil, muy precoz y productivo. Fruto de tamaño medio a grande, de aproximadamente 8-9 gr promedio. Pedicelo largo, piel rojo púrpura, fruta medianamente firme, dulce, jugosa y un poco ácida. Florece temprano, pero su cosecha es más tardía. Es poco sensible a partidura por efecto de la lluvia (Ellena, 2012; Kulczewski, 2006; Lemus, 2005).

2.4 Portainjerto MaxMa 14

De origen norteamericano, se obtuvo del cruzamiento entre *Prunus mahaleb* x *Prunus avium*. Presenta un aparato radical desarrollado en amplitud, raíces gruesas y ramificadas en abundancia, que se anclan óptimamente. Posee una adaptación a diversos tipos de suelo, siendo moderadamente tolerante a la asfixia radical. Presenta resistencia a *Phytophthora spp.* y tolerancia a *Pseudomonas*. Este portainjerto induce precocidad en fructificación y un vigor medio de árboles, con elevada producción respecto a otros patrones semi enanizantes (Ellena, 2012).

2.5 Uso de camellones en frutales

También llamado 'corrugado' del suelo, se refiere a la formación de un trapecio isósceles de corte transversal en lo que será la hilera de plantación. Este camellón se construye cuando los suelos son poco profundos y se quiere ganar unos cuantos centímetros que favorecerán el posterior desarrollo de las raíces del frutal. En suelos de textura franco-arcillosa a arcillosa, se considera como una medida de T0 preventivo de enfermedades a nivel de las raíces, como causa de acumulación de aguas por un mal drenaje del campo (Carrasco *et al.*, 2010).

2.6 Sistema de conducción de Eje Central

También llamado Vogel Central Leader (VCL), posee una producción temprana relativamente alta, debido a la poca poda realizada durante el periodo de establecimiento, debido a la tendencia natural del cerezo a formar un eje central, una tasa de crecimiento modesta que es aportada por portainjertos enanizantes o semienanizantes, poca fertilización durante el establecimiento y una densidad intermedia. Sin una mayor manipulación, un portainjerto vigoroso producirá un árbol VCL muy alto. Su forma le confiere una buena distribución de luz en todo el dosel, además de que la madera fructífera se renueva regularmente con este sistema. (Long *et al.*, 2015).

2.7 Uso de cubiertas plásticas en cerezo

Según Lang (2019), los cobertores plásticos protegen al cerezo contra partidura, además, en el uso de túneles, le permite al interior de la canopia una reducción de los niveles de luz y disminución de temperaturas en la parte alta del túnel. Esta condición afecta positivamente durante la caída de frutos, disminuyéndola desde un 9% a un 3% durante el primer año, y desde 15% a 4% en el segundo año (Borve *et al.*, 2005). Los cobertores plásticos en la parte superior de los árboles deberían modificar las condiciones ambientales internas del dosel (Kapanen *et al.*, 2008; Reddy, 2013). Al tener una cubierta plástica, la transmisión de la radiación solar a través

de esta se verá influenciada y observada en la actividad fotosintética del cultivo, ya que el material de fabricación del cobertor reducirá la intensidad de la radiación, así también provocará una modificación en la distribución espectral al interior del follaje (Goldberg *et al.*, 1996). El uso de cobertores mejora la calidad y el tamaño de la fruta, comparado con aquellas que no son producidas bajo cobertor (Lang, 2013; Sotiropoulos *et al.*, 2014). Las diferencias en la composición de la cubierta se relacionan con la tasa fotosintética, dado esto a que funciona como barrera física que impide la transmisión de la luz (Bastías, 2018). Además, al ser estas cubiertas un impedimento para que el calor se pierda a la atmosfera, la temperatura del microclima tiende a aumentar, por ende, los procesos fenológicos se verán alterados positivamente, presentándose una acumulación más rápida de grados días, lo que producirá una cosecha más temprana (Blanke *et al.*, 2017).

2.8 Uso de Bio-estimulantes en cerezos

El cultivo de cerezo tiene sus periodos fisiológicos bien marcados, desde la brotación hasta cosecha, pero cada una de estas etapas puede ser promovida o retrasada mediante la aplicación de bio-estimulantes. Estas sustancias le proveen a la planta potenciadores de crecimiento o desarrollo, además de hacerlas más tolerantes a las condiciones estrés biótico y abiótico por temperatura, salinidad, toxicidad o enfermedades fitopatógenas, utilizándose en conjunto con el resto de las prácticas de manejo del huerto (Morales *et al.*, 2017). Debido a que en la zona de Pencahue existen turnos de riego, las plantas se ven sometidas a condiciones estrés hídrico durante el periodo de postcosecha, lo que desencadenará respuestas fisiológicas y visuales específicas en las plantas. Los bioestimulantes que se usan normalmente poseen características que le otorga tolerancia a la planta frente a un estrés inminente, de cualquier índole, permitiéndole desarrollarse o recuperarse de buena forma de dichos eventos.

2.9 Ácido salicílico

El ácido 2-hidroxibenzoico (nombre químico), está relacionado a los salicilatos, utilizándose de manera frecuente los últimos años en la agricultura. La mayoría del ácido salicílico que se produce en la planta es glucosilado y se cree que es la principal forma de almacenamiento, con el potencial de poder ser convertido en ácido salicílico mediante reacciones enzimáticas catalizadas por la enzima AS β -glucosidasa (Lee *et al.*, 1998; 1999), considerándose una potente hormona vegetal (Raskin, 1992).

Posee además efectos sobre los procesos fisiológicos de la planta, en variables fisiológicas como la conductancia estomática, transpiración y tasa fotosintética en plantas de maíz y soja

(Khan *et al.*, 2003). Incluso se ha determinado que el ácido salicílico es capaz de generar respuesta de las plantas ante diversos tipos de estrés abióticos, tales como sequía, salinidad, estrés por frío, shock térmico, daños mecánicos y luz UV (Ding *et al.*, 2001; Ding y Wang, 2003).

2.10 Variables fisiológicas

2.10.1 Estado hídrico de planta

Este hace referencia al potencial hídrico de xilema, el cual integra las interacciones suelo, planta y atmosfera (Coll *et al.*, 2003). Dicho potencial se mide en Bares (B) o Mega Pascales (MPa) y se representa por el símbolo ψ , en la cual una masa de agua libre, que no tiene influencia de otros cuerpos a 1 atmosfera de presión, presenta un valor de potencial hídrico igual a 0 (Pérez y Martínez, 1994). Valores negativos de potencial hídrico de xilema significa que la planta requiere ejercer mayor presión para poder movilizar el agua por las células (Taiz y Zeiger, 2006). En árboles de cerezo bien regados del cv. Bing, los valores de potencial hídrico xilemático varía entre -0,6 y -0,9 MPa (Podestá *et al.*, 2010).

2.10.2 Temperatura del dosel (T° Dosel)

Bajo condiciones naturales, la estructura de las hojas y las funciones características muestran una variabilidad espacial grande a la escala del dosel (Frak *et al.*, 2002). Varios parámetros fisiológicos y micro climáticos, tales como déficit de presión de vapor (DPV) y transpiración, respectivamente, cambian relativamente rápido al modificar la intensidad de la luz dentro del dosel de la planta (Combes *et al.*, 2000). Las hojas que se encuentran en una posición con baja presencia de luz presentarán un mayor tamaño para mejorar la luz interceptada (Pearcy y Sims, 1994; Niinemets *et al.*, 1998). Mientras que las hojas con alta presencia de radiación se diferenciarán en su capacidad fotosintética (Niinemets, 1999). Los estomas tienden a cerrarse en presencia de estrés hídrico, causando que la asimilación neta disminuya, mientras que la T° Dosel aumenta (Munns *et al.*, 2010). Es importante señalar que la temperatura de los frutos bajo cobertor presenta en promedio 4°C menos que los que no tienen cobertor (Ellena, 2012).

2.10.3 Transpiración

Las hojas pierden agua a través de sus estomas como consecuencia de la actividad fotosintética producida en las células del mesófilo. El flujo de agua responde a dos ambientes diferentes, en primer lugar, el ambiente aéreo al cual está expuesta la hoja y puede ser definido

el término de radiación, temperatura, DPV y contenido de CO₂. Por otro lado, las raíces se comportan de una manera específica cuando se ven sometidas a condiciones de estrés hídrico, reaccionando a las señales de conductividad eléctrica del xilema, evitando la pérdida de agua a través de la hoja (Sperry *et al.*, 1998). Se considera un estrés hídrico cuando los niveles de transpiración de la planta son elevados y rompen el equilibrio entre el agua absorbida por la planta, siendo mayor la salida de esta (Levitt, 1980).

2.10.4 Tasa de asimilación fotosintética

El proceso de fotosíntesis es muy importante para la productividad de las plantas, y cualquier factor que afecte o limite este proceso puede reducir potencialmente el rendimiento. Variedades del género *Prunus* presentan valores similares de fotosíntesis neta, exceptuando el damasco que es típico de plantas C₃ (Schaffer *et al.*, 2018). Algunos estudios realizados en distintas especies agrícolas de interés permiten demostrar que, al reducirse la radiación solar, la fotosíntesis se verá afectada positivamente, incrementando el intercambio gaseoso y la concentración intercelular de CO₂ (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2007). Los frutales de carozo tienen una capacidad fotosintética bastante similar al árbol de manzano, exceptuando el damasco que tiene una tasa de asimilación neta de CO₂ considerablemente inferior. Además, los frutales de carozo presentan una influencia mucho más marcada en la actividad del control estomático de las hojas, y por consiguiente sobre la actividad fotosintética y la tasa respiratoria (Flore, 1994), viéndose fuertemente afectadas por condiciones de estrés hídrico durante la temporada.

2.10.5 Conductancia estomática

Los resultados obtenidos por Raschke, (1976), hacen notar que el equilibrio entre la pérdida de agua y la obtención de CO₂ es de vital importancia para la planta, por lo que los factores ambientales controlan fuertemente la apertura y cierre estomático. Los estomas son las estructuras responsables del mayor porcentaje de pérdida de agua en las plantas (Taiz y Zeiger, 2006). Aquella respuesta de apertura estomática está controlada por el ácido abscísico (ABA) (Leung y Giraudat, 1988; Zhang y Outlaw, 2001). Esta variable es proporcional y relacionada al estado hídrico de la planta, ya que, si el primero se hace más negativo, comenzará el cierre estomático, disminuyendo así también la conductancia estomática de la hoja (Yoon y Ritcher, 1990).

Como definición, la hormona ABA es un factor muy importante en el control de la conductancia estomática, ya que induce un cierre inmediato de los estomas, debido a la inhibición de la bomba

de protones dependientes de ATP, un aumento del pH citosólico y un cambio en las concentraciones de Ca⁺ citosólico. La luz provoca efectos positivos en la apertura estomática, mientras que el aire seco y la velocidad del viento producen un cierre estomático. Existe una ecuación desarrollada por Ball y Berry, (1988), que permite determinar la apertura estomática (*g*).

$$g = m \times \frac{(A \times HR)}{C_i} + b$$

donde: fotosíntesis neta (*A*), humedad relativa del aire (*HR*) y concentración interna de CO₂ (*C_i*). Los parámetros 'm' y 'b' son constantes y específicas para cada especie.

2.10.6 Temperatura de la hoja (T° Hoja)

Según Lourtier *et al.*, (1995), un aumento en la T° Hoja puede ser causado por un cese de la evapotranspiración del cultivo, ocasionado por el cierre estomático de la hoja. El cierre estomático es causado por factores ambientales adversos como el estrés hídrico (falta de agua a nivel de raíces). Además, determina parcialmente algunos factores eco fisiológicos, tales como la asimilación de carbono a través de la fotosíntesis, respiración (Berry y Bjorkman, 1980; Tuzet *et al.*, 2003), y también la transpiración, a través de la conductancia estomática de la hoja (Leuning *et al.*, 1995; Tuzet *et al.*, 2003).

2.10.7 Déficit de presión de vapor (DPV)

El DPV es la fuerza motriz de la transpiración, ya que afecta la diferencia de presión entre el interior de la hoja y el exterior. La transpiración responde al cambio en el déficit de presión de vapor en plantas que incluyen sobre los cultivos (Turner *et al.*, 1985; Zou y Kahnt, 1988; Hirasawa y Hsiao, 1999; Ray *et al.*, 2002; Cramer *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2012). En plantas de maíz se observó que el crecimiento de las hojas se inhibía debido a un reducido potencial hídrico (condición de estrés hídrico) y a un alto DPV (Devi *et al.*, 2018). De esta manera, varios estudios se han dedicado al análisis del DPV, y se ha determinado que presenta efectos importantes sobre la transpiración (Devi *et al.*, 2018) y el crecimiento de la planta (Du *et al.*, 2018), entre otras.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y características edafoclimáticas de la zona de estudio

El estudio se realizó en el Fundo Agrícola 'El Guindo', ubicado en la comuna de Péncahue (35°24'50"S 71°46'54"W), Región del Maule, Chile (Ver Figura 9). El suelo del ensayo pertenece a la serie Péncahue, la que posee suelos de tipo franco-arenoso, Franco-areno-arcilloso y franco, en sus primeras tres estratas, respectivamente. Posee una pendiente que varía entre un 2% y 15%, con profundidades que van desde los 25 a los 50cm. Posee la presencia de hardpan que puede romperse con subsolador (Gallardo *et al.*, 1994).



Figura 9. Imagen satelital de fundo agrícola 'El Guindo', extraída de Google Earth.

La comuna de Péncahue presenta una estación seca prolongada, con leves o ausencia de precipitaciones durante los meses de noviembre a marzo. En promedio caen alrededor de 3869 mm de precipitación acumulada en un año normal. La temperatura máxima registrada en verano es de 35,6 °C, mientras que la mínima en invierno es de -4,3 °C. La temperatura promedio en verano e invierno es de 18,32 y 8,08 °C, respectivamente (Agromet, 2021).

3.2 Material vegetal

Para el estudio se utilizaron árboles de cerezo (*P. avium*) cultivares Santina y Lapins, ambas sobre portainjerto MaxMa14, establecidos durante el 2012, en un marco de plantación de 2,5 x 4m (1000 plantas/ha). Presenta riego por goteo con dos laterales por hilera, alimentado por el canal Las Tizas, derivado del canal Pencahue. Posee camellones con una altura aproximadamente de 30 cm. Cada árbol del huerto es conducido en Eje Central, presentando una altura promedio de 2,5 m y una orientación norte-sur. Cabe destacar que el propósito de producción del huerto es para exportación, por lo que posee manejos adecuados de riego y fertilización propios para cada variedad (Véase Figura 10 y 11).



Figura 10. Hilera de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Lapins con presencia de cubierta plástica.



Figura 11. Hilera de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Santina con presencia de cubierta plástica.

3.3 Características de ensayo

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada productiva 2020/2021 en cerezos (*Prunus avium* L.), en 2 sectores del huerto (ambos bajo cobertura plástica). El primero en la variedad Santina y el segundo en la variedad Lapins. En cada sector del ensayo se aplicaron tratamientos con bioestimulantes más un T0. El primer tratamiento (T1) correspondió a BioForge, con dosis de 150 cc/Hl, el segundo tratamiento (T2) corresponde a la aplicación ReZist, con dosis de 100 cc/Hl y el tercer tratamiento corresponde al tratamiento Control (T0) sin aplicación.

El estudio se realizó con un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBA), cada uno de los tratamientos presento tres repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones corresponden a dos plantas (unidad experimental) (Ver Figura 12).



Figura 12. Imágenes satelitales rotulada con bloques completamente al azar de cada uno de los tratamientos. Cv. Santina en cuartel de la izquierda y cv. Lapins en cuartel derecho. Donde: T1: BioForge, T2: ReZist y T0: Control. H1: Hilera 1, H2: Hilera 2 y H3: Hilera 3.

El tipo de cobertura plástica corresponde a rafia, siendo polietileno de alta densidad, con una transmisividad de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) superior al 80% y una difusión de la luz superior a 55%.

3.4 Evaluaciones fisiológicas en plantas de cerezos

Las mediciones de respuesta fisiológica fueron realizadas entre las 12:00 am y 14:00 pm, periódicamente cada 30 días. La primera medición fue llevada a cabo previa a cosecha de frutos de cerezo, y las cuatro subsiguientes durante el periodo de postcosecha.

3.4.1 Mediciones de intercambio gaseoso

Para caracterizar la respuesta en el intercambio gaseoso de la planta se midió: tasa de asimilación fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), tasa de transpiración ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), T° Hoja ($^\circ\text{C}$) y déficit de presión de vapor. Las mediciones de estas variables fueron realizadas utilizando el instrumento LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR) (Ver Figura 13), durante las fechas: 14/11/2020, 22/12/2020, 16/01/2021, 15/02/2021 y 19/03/2021. La temperatura y la humedad relativa se establecieron en condiciones ambientales. Para esto se utilizaron 2 hojas por repetición, una de cada lado de la hilera, ubicadas en el tercio medio superior de los brotes.



Figura 13. Calibración de instrumento LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR)

3.4.2 Estado hídrico de planta:

Para la medición de estado hídrico se utilizó una cámara de presión tipo Scholander (PMS Instrument Co., modelo 1000, Corvallis, Oregón, EE. UU.; Scholander *et al.*, 1965) (Véase Figura 14). Para esto se seleccionaron un total de 2 hojas por repetición, una de cada lado de la hilera, ubicadas en el tercio medio superior de los brotes y en buenas condiciones sanitarias. Una hora y media antes del desprendimiento de las hojas para la medición, estas fueron cubiertas con una lámina de plástico y envueltas con un papel de aluminio para igualar el potencial hídrico entre la hoja y el tallo (Véase Figura 15). Las fechas de muestreo en terreno fueron las siguientes: 14/11/2020, 22/12/2020, 16/01/2021, 15/02/2021 y 19/03/2021.

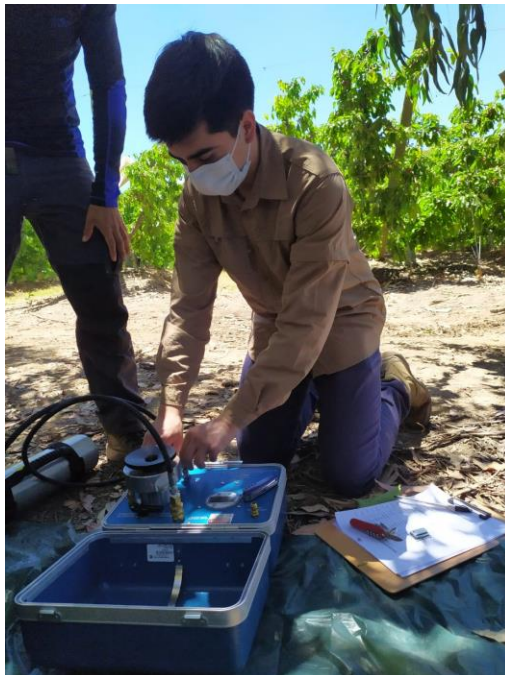


Figura 14. Utilización de cámara de presión tipo Scholander para obtención de variable de estado hídrico.



Figura 15. Hoja de cerezo (*Prunus avium* L.) cubierta con papel plástico y metálico con el fin de igualar potencial de hoja con el de tallo.

3.4.3 T° Dosel

La temperatura fue medida en la parte media del árbol por ambos lados de la hilera utilizando una cámara termal marca Flir (Hikvision), con la cual se capturó una imagen termal del árbol evaluado. La imagen capturada entrega datos de temperatura (°C) de la parte más alta, media y baja del dosel de cada una de las plantas evaluadas en el ensayo.

3.5 Análisis de datos

En una primera instancia se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con todas las variables y los tratamientos, para llevar a cabo un análisis multivariado de información. Para este análisis se utilizó el software XLSTAT Pearson edition (2014.5.03), el que utiliza como base el software Excel. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza simple (ANDEVA), mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVI, con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre cada uno de los tratamientos evaluados. A cada uno de los análisis se le realizaron pruebas de múltiples rangos para la separación de las medias e identificar diferencias estadísticas significativas entre ellas mediante Tukey $\leq 0,05$. Para la homogeneidad de varianzas se llevó a cabo una prueba de Levene para valor-p ≥ 0.05 .

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis climático localidad de Pencahue

En el cuadro 4.1 se puede observar que durante la fecha del 22-12-2020 se registraron las temperaturas más altas, con un promedio de 22,51°C. En cuanto a la radiación, esta fue mayor para el 16-01-2021. Por otro lado, las temperaturas más bajas se registraron durante 19-03-2021, con un valor promedio de 15,34°C, y una radiación de 192,37 W/m². En cuanto a las precipitaciones, no se registró agua caída durante las fechas de medición.

Fecha	T° Prom.	T° mín.	T° máx.	Precipitación	
				diaria	Rad. Solar acumulada
14-11-2020	15,93	6,3	24,5	0	324,89
22-12-2020	22,51	12,7	32,8	0	341,95
16-01-2021	20,08	11,1	29,3	0	350,79
15-02-2021	17,96	12,4	25,6	0	259,24
19-03-2021	15,34	10,9	21,7	0	192,37

Cuadro 4.1. Datos de distintas variables climáticas extraídas de estación Pencahue para cada una de las fechas de medición (14-11-2020, 22-12-2020, 16-01-2021, 15-02-2021 y 19-03-2021). Se presenta T° Promedio (°C), T° mínima (°C), T° máxima (°C), precipitación diaria acumulada (mm) y radiación solar (W/m²).

4.2 Análisis de componentes principales

Para realizar un análisis multivariado de toda la información recolectada en terreno se implementó un análisis de componentes principales (ACP). Los componentes (F1) y (F2) representan un 59,97% y 34,71% de la variabilidad total de los datos, respectivamente. La suma total de ambos componentes es de 94,68%. El Factor 1 estaría explicado principalmente por las variables de potencial hídrico xilemático, transpiración, asimilación neta, conductancia estomática y déficit de presión de vapor, mientras que el Factor 2 lo estaría por las variables de T° Dosel y T° Hoja.

En la figura 1A se muestra la distribución de cada una de las variables y su contribución respectivas para los factores F1 y F2. En la figura 1B se muestra la distribución de los distintos tratamientos aplicados durante el ensayo. En esta figura, se puede observar que los tratamientos

aplicados en Santina contribuyen al componente F1, a excepción de T2, que contribuye en mayor medida al eje F2. Por su parte, los tres tratamientos aplicados en Lapins contribuyen principalmente al componente 2. Por otro lado, existe una menor variabilidad en la respuesta para los tratamientos aplicados en el cv. Lapins en comparación con Santina, debido a que los puntos se encuentran más cercanos entre sí.

Las variables de transpiración, potencial hídrico xilemático y conductancia estomática están altamente correlacionadas entre sí, mientras que la variable de déficit de presión de vapor está correlacionada de forma inversa con estas mismas tres variables. Por su parte, la tasa de asimilación neta está correlacionada levemente con el resto de las variables fisiológicas. Este resultado condice con lo observado por Rogiers *et al.*, (2012) quienes para el caso del cultivo de cerezo registraron que las variables de temperatura del aire, radiación solar, DPV y estado hídrico del suelo serían factores que influyen directamente sobre la variable de transpiración de la planta. Así, los resultados muestran que en la medida que aumenta el DPV, la transpiración disminuye y potencial hídrico de xilema se vuelve más negativo, debido al rápido cierre estomático antes las condiciones ambientales adversas. Por su parte, se observa que las variables de T° Dosel y T° Hoja muestran una alta correlación positiva entre sí, y ambas contribuyen de manera importante en el factor F2.

En cuanto a LAP-T2 y LAP-T1 se caracterizan por tener las T° Dosel y T° Hoja más altos, no así la tasa de asimilación, ya que esta última está correlacionada de manera inversa con las variables de temperatura de la planta mencionadas. Por su parte, LAP-T0 en conjunto con SAN-T2 se encuentran muy cercanos al punto de origen, por lo que no muestran una relación clara con ninguno de las variables evaluadas en este estudio. Por otro lado, SAN-T0 y SAN-T2 se encuentra separada de todos los factores, siendo los tratamientos que presentaron los valores más bajos en cuanto a respuestas fisiológicas de la planta. Así también, los tratamientos T0 no muestran una tendencia clara a contrarrestar los efectos negativos del estrés hídrico observado en el estudio, sobre todo durante el periodo de postcosecha. En cuanto a SAN-T1 muestra una alta correlación con la variable de tasa de asimilación, la cual está correlacionada de forma inversa con el DPV y T° Hoja.

Las variables de potencial hídrico xilemático, transpiración y conductancia estomática se muestran altamente correlacionadas entre sí (vectores en la misma dirección). Esto condice con los resultados obtenidos por Yoon y Ritcher, (1990); Prasch, y Sonnewald (2015) quienes observaron que la transpiración es una variable altamente dependiente de la conductancia estomática, y también de la variable de estado hídrico de la planta, por lo que, si esta última variable disminuye, lo harán también las otras dos variables analizadas. Por lo tanto, ante un

aumento del estrés hídrico, se produce el cierre estomático y por ende una reducción en las variables de intercambio gaseoso antes mencionadas.

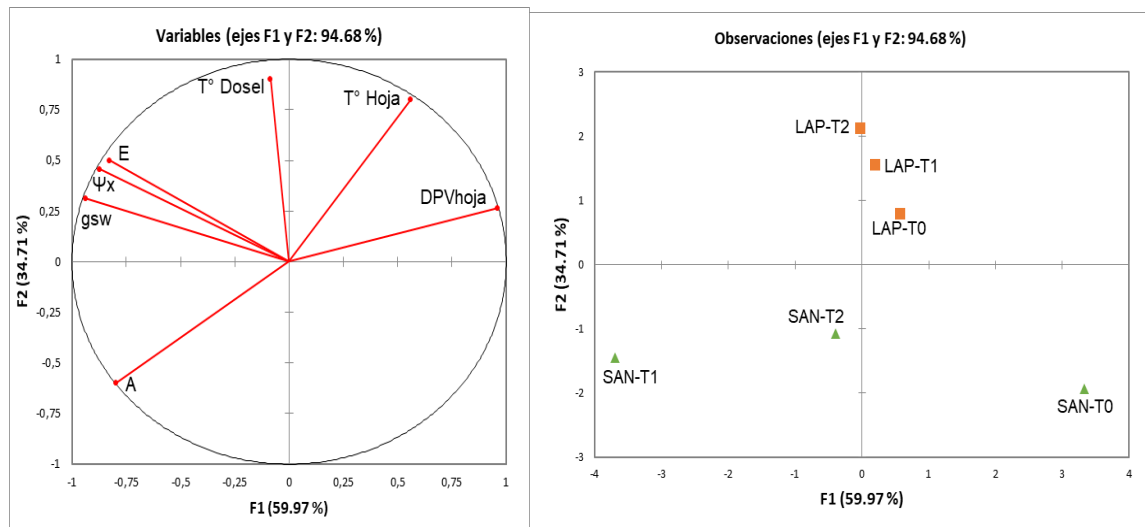
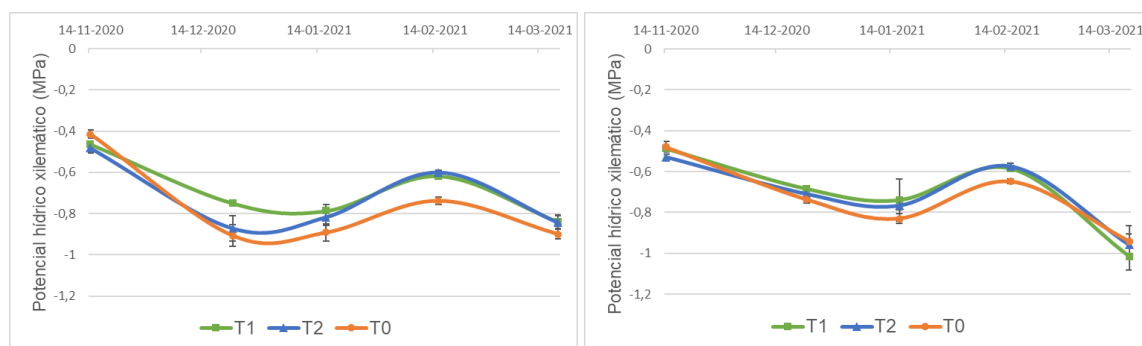


Fig. 1A. Análisis de componentes principales (ACP). Están representados cada uno de los datos por variable de las fechas de medición del ensayo. Ambos factores (F1 y F2) suman en total 94,68% de la variabilidad total de los datos. Ψ_x : potencial hídrico xilemático, T° Dosele: temperatura del dosel, E: transpiración, A: asimilación fotosintética, gsw: conductancia estomática, T° Hoja: temperatura de la hoja y DPVhoja: déficit de presión de vapor. Además, en la **Figura 1B** se muestran los componentes principales, los factores 1 y 2 suman en conjunto un 94,68% de la variabilidad total de los datos. SAN corresponde al cv. Santina, mientras que LAP corresponde a cv. Lapins. Los 3 tratamientos están expresados como tal: T1: BioForge, T2: ReZist y T0: Control.

4.3 Variables fisiológicas

4.3.1 Potencial hídrico xilemático

En la figura 2, se observa el potencial hídrico de xilema en ambos cv. (Santina y Lapins), además de sus tablas de resumen de medias, y valor-p. Durante el periodo comprendido entre la primera, segunda, tercera y quinta fecha (14-11-2020, 22-12-2020, 16-01-2021 y 19-03-2021, respectivamente) no se observan diferencias estadísticamente significativas. No obstante, durante la cuarta fecha (15-02-2021), en ambos cv. se presentan diferencias estadísticamente significativas, fluctuando entre -0,74 a -0,60 MPa en el cv. Santina y entre -0,65 a -0,58 MPa en cv. Lapins. El máximo estrés fue de -1,02 MPa para cv. Lapins, el 19-03-2021, mientras que para Santina, fue de -0,91 MPa para el 22-12-2020. Independientemente de esto resultados, en la mayor parte de las fechas evaluadas el tratamiento T0 mostró un mayor estrés en relación con los tratamientos donde se aplicaron bioestimulantes en las plantas.



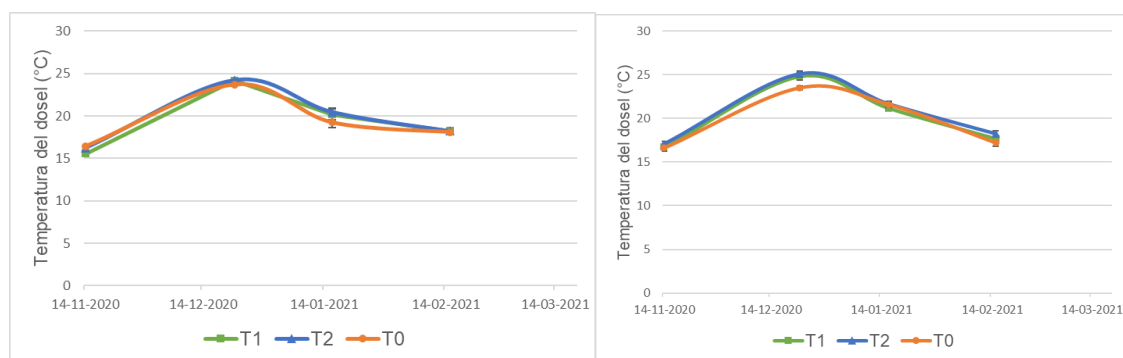
	Santina					Lapins				
Tratamiento	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021
T1	-0,47	-0,75	-0,79	-0,62a	-0,84	-0,49	-0,69	-0,74	-0,59a	-1,02
T2	-0,48	-0,87	-0,82	-0,60a	-0,84	-0,53	-0,71	-0,77	-0,58a	-0,96
T0	-0,42	-0,91	-0,89	-0,74b	-0,90	-0,48	-0,74	-0,83	-0,65b	-0,94
Valor-p	0,11	0,17	0,29	0,0001	0,43	0,30	0,30	0,13	0,01	0,80
Significancia	n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s

Figura 2. Curva de desarrollo de potencial hídrico xilemático (MPa) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p < 0,01; n.s. no significativo.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Valenzuela, (2011), en un ensayo realizado en la región Metropolitana en cv. Brooks y Lapins, el potencial hídrico xilemático fluctuó entre -1,1 a -0,85 MPa, en plantas con buena hidratación. Por otra parte, en la IV región, más específicamente en Vicuña, arboles de cv. Lapins, Summit y Celeste, Lemus, (2005) obtuvieron valores de potencial hídrico que fluctuaron entre -0,89 a -0,94 MPa, para plantas con un buen estado de riego. En el mismo estudio, para plantas regadas con un 50% de la ETc registraron un potencial hídrico de -1,6 MPa, y aquellas plantas que recibían sólo un 15% de la ETc obtuvieron un potencial de -2,2 MPa. Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los observados en literatura, considerando que el cultivo se encontraba bajo un régimen de riego con escasez hídrica, esto sumado a la nula precipitación horaria registrada en el análisis climático. En la cuarta fecha de medición, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, pero sólo en comparación con el tratamiento T0, ya que T1 y T2 fueron estadísticamente iguales entre sí. A pesar de no haber diferencias estadísticas entre T1 y T2, cabe destacar que T1 es superior en la mayoría de las fechas, es decir, presentó menores niveles de restricción hídrica.

4.3.2 Temperatura de Dosel

En la figura 3, se presentan las curvas de T° Dosel (°C), donde no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para cada una de las fechas de muestreo en el cv. Santina, fluctuando entre 15,54 y 24,20 °C. Por el contrario, para Lapins, se encontraron diferencias estadísticas durante la segunda fecha de muestreo (22-12-2020), lo cual coincide con la temperatura promedio más alta registrada en la información climática (22,51°C). Eso a su vez concuerda con lo observado en el cv. Santina en el cual también se registraron las temperaturas de dosel más altas durante el mismo periodo. Por contraparte, el 14-11-2020 se obtuvo los valores menores de esta variable para ambos cv. lo que se explica por el análisis climático para dicha fecha en T° Prom, que tiene uno de los valores más bajos de la temporada.



Tratamiento	Santina				Lapins			
	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021
T1	15,54	24,15	20,18	18,24	16,72	24,84ab	21,19	17,71
T2	16,27	24,20	20,44	18,21	17,09	25,13b	21,68	18,25
T0	16,44	23,71	19,23	18,10	16,62	23,49a	21,59	17,23
Valor-p	0,23	0,62	0,45	0,96	0,72	0,03	0,67	0,29
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s

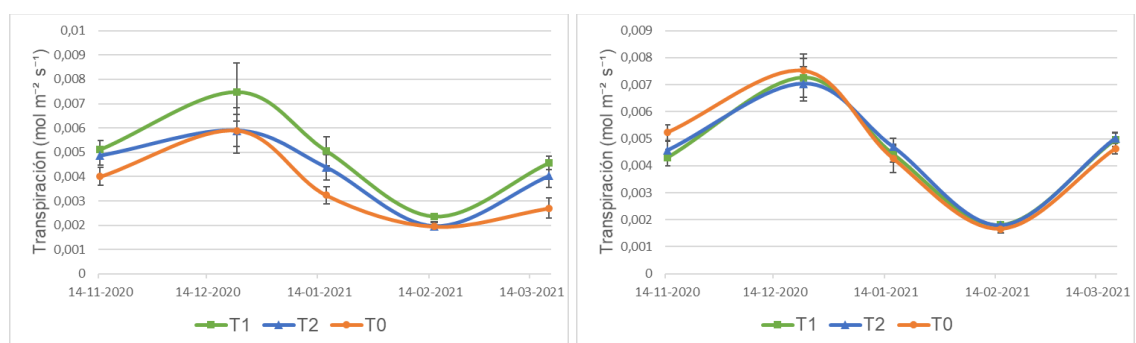
Figura 3. Curva de desarrollo de T° Dosel (°C) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p <0,01; n.s. no significativo.

Si bien para el cultivar Santina no se observaron diferencias significativas en ninguna de las fechas, en Lapins si se encontraron diferencias durante la segunda fecha de medición (22-12-

2020), siendo menor la temperatura en el control. Esto coincide con la literatura ya que, al aplicar un estrés hídrico, ya sea moderado o severo en cerezos, ocasionaría un cierre parcial de los estomas, lo que reduciría la tasa transpiratoria de la planta, lo que se traduciría en un aumento de la T° Dosel de la planta (Berni *et al.*, 2009). Además, en presencia de una alta temperatura como la registrada en Penciahue el día 22-12-2020 según resumen, ayudaría de mayor forma a un alza en la T° Dosel, añadido a los bajos niveles de potencial hídrico de dicha fecha. Para ambos cultivares, las T° Dosel se incrementaron a medida que el estrés hídrico fue incrementado en la medida que avanzaba la temporada, no obstante, la aplicación de T2, a diferencia de T0, fue más alto, por lo que la aplicación de este producto no habría tenido un efecto positivo sobre la T° Dosel, situación que difiere de la literatura citada y las propiedades que tendría el ácido salicílico (Ellena, 2012; Kulczewski, 2006; Lemus, 2005). De esta manera, la aplicación de T2 observada durante la segunda fecha del cv. Lapins habría tenido un impacto negativo en disminuir la T° Dosel de las plantas. No así T1 y T0, que no tienen diferencias estadísticamente significativas, pero que obtuvieron temperaturas menores que T2.

4.3.3 Tasa de transpiración

En la Figura 4, se muestran los resultados de la transpiración de las hojas ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), donde se observa que para el cv. Lapins no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos para el 14 de noviembre de 2020 y el 19 de marzo del 2021, cuyas medias variaron entre 0,002 y 0,008 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Por otro lado, en el cv. Santina si se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para la quinta fecha (19-03-2021) muestreo, con rangos entre 0,003 y 0,005 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un valor-p de 0,04. Durante la primera, segunda, tercera y cuarta fecha no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, con valor-p de 0,260, 0,557, 0,139 y 0,265, respectivamente.



	Santina					Lapins				
Tratamiento	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021
T1	0,0051	0,0075	0,0050	0,0024	0,0046b	0,0043	0,0073	0,0044	0,0018	0,0050
T2	0,0049	0,0059	0,0044	0,0020	0,004ab	0,0046	0,0070	0,0047	0,0018	0,0050
T0	0,0040	0,0059	0,0032	0,0020	0,0027a	0,0052	0,0075	0,0043	0,0017	0,0046
Valor-p	0,26	0,56	0,14	0,27	0,04	0,24	0,91	0,84	0,71	0,57
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

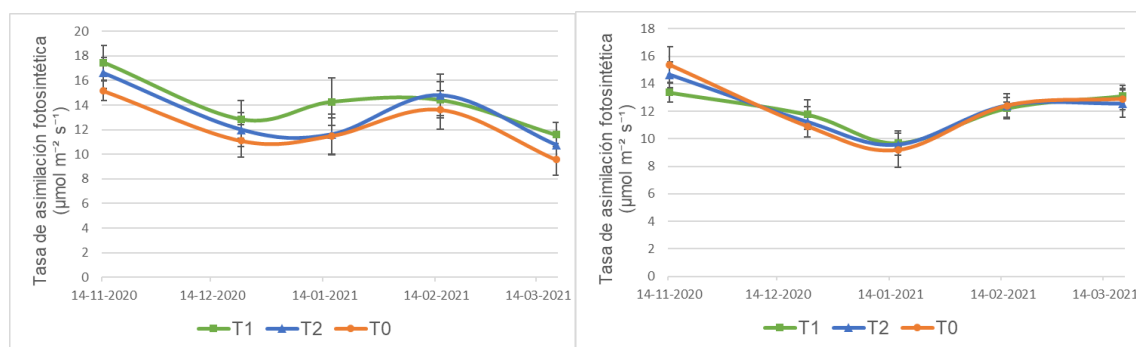
Figura 4 . Curva de desarrollo de transpiración ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p < 0,01; n.s. no significativo.

De acuerdo con la literatura, la variable de transpiración está relacionada de manera directa con la conductancia estomática, debido que, al ocurrir el cierre de estomas a causa de un estrés hídrico, el flujo de vapor de agua entre la cavidad subestomática decrece de forma significativa (Yoon y Ritcher, 1990; Prash, y Sonnewald, 2015). Así, el déficit de presión de vapor puede

afectar de forma positiva o negativa al cultivo (Devi *et al.*, 2018), de acuerdo con el nivel de estrés hídrico que se encuentre la planta. Durante la quinta fecha de medición (19-03-2021) del cv. Santina se observaron diferencias significativas entre el tratamiento con T1 y el tratamiento T0, superando por $0,00185 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a este último. Por su parte, para el cv. Lapins los resultados fueron similares, no observando diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que coincide con los estudios anteriores ya mencionados. Cabe destacar que para cada fecha de medición del cv. Santina, T1 siempre presenta una mayor tasa transpiratoria en comparación con T2 y T0,

4.3.4 Tasa de asimilación neta o fotosíntesis.

En la figura 5, se observan los resultados de la tasa de asimilación neta ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para cada una de las variedades evaluadas. En esta variable no se registran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para ambas variedades. En este sentido, para el cv. Santina las medias obtenidas, fluctuaron entre los 9,56 a 17,44 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mientras que para el cv. Lapins estas variaron entre 9,17 y 15,38 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante las cinco fechas de medición del uso de tratamientos.



Tratamiento	Santina					Lapins				
	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021
T1	17,44	12,85	14,26	14,41	11,60	13,38	11,77	9,70	12,23	13,12
T2	16,63	12,00	11,62	14,82	10,76	14,66	11,23	9,57	12,42	12,55
T0	15,14	11,09	11,49	13,62	9,56	15,38	10,90	9,17	12,40	12,89
Valor-p	0,54	0,77	0,58	0,90	0,58	0,53	0,88	0,95	0,98	0,93
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 5 . Curva de desarrollo de tasa de asimilación fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p < 0,01; n.s. no significativo.

Medina *et al.*, (2002), mostró que al observar una disminución en la radiación fotosintéticamente activa (PAR), la tasa de asimilación del cultivo aumentaría, puesto que se reduce la foto-saturación causada por un exceso de radiación, mejorando la eficiencia fotoquímica del fotosistema II. De acuerdo con la información climática, se puede inferir que durante la primera

fecha de medición había un alto índice de radiación PAR, lo cual generó un aumento en la tasa de asimilación para el tratamiento Bio-Forge.

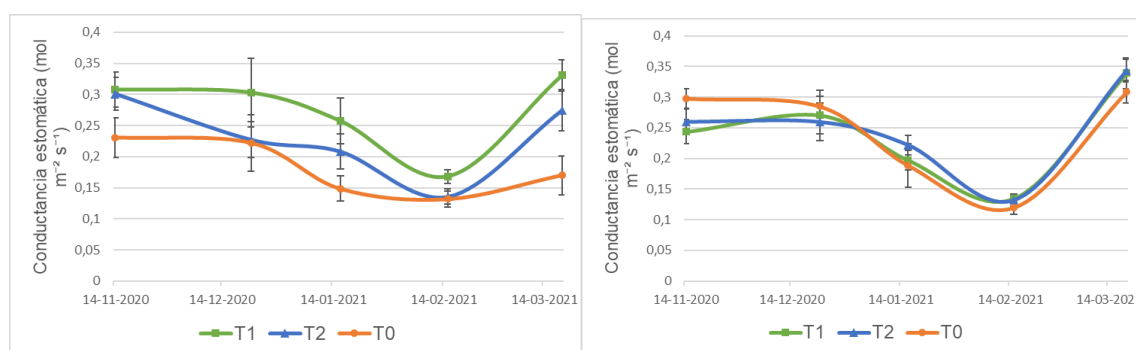
Según resultados obtenidos por Flores *et al.*, (2009) en un ensayo que se midió fotosíntesis neta en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant, arrojó que, a mayores niveles de radiación solar, mayores serían los índices de fotosíntesis neta en la planta. Esto se condice con lo observado en este estudio, donde la radiación más baja registrada fue de 192,37 W/m² para la fecha 19-03-2021, mismo periodo en el cual se registraron los valores más bajos de asimilación en el cv. Santina.

Cabe destacar que T1, a pesar de no ser diferente estadísticamente, está por sobre T2 y T0, lo que lo posiciona en un buen lugar como bioestimulante. Si bien en cv. Lapins no hubo diferencias entre los tratamientos, para la quinta fecha hay datos muy distintos al cv. Santina, y esto puede deberse a que Lapins es un cv. que tiene un vigor alto (Ellena, 2012; Kulczewski, 2006; Lemus, 2005), por ende, tiene más capacidad de captar la radiación, y los niveles de asimilación neta aumentan. Cabe mencionar que, durante los momentos previos a cosecha, es decir, la primera fecha de medición (14-11-2020), el uso del cobertor se aplicó de manera más constante, con la finalidad de evitar daños por golpe de sol en la fruta. El uso de cobertores se debería realizar en momentos claves durante la temporada agrícola, que estén relacionados con inclemencias climáticas (heladas durante primavera y lluvias durante el periodo de maduración de la fruta).

Si se desglosa la información de los tratamientos aplicados, y se saca un promedio de estos por cada variedad evaluada, Santina muestra los valores más altos en el tratamiento T1, seguidos por T2 y T0, respectivamente. Sin embargo, para el cv. Lapins; los valores más altos fueron obtenidos en el tratamiento T0, seguidos por T2 y T1, respectivamente. Los datos concuerdan con el ACP realizado, en donde se observa que la variable asimilación es independiente de la variable de estado hídrico, transpiración y conductancia estomática.

4.3.5 Conductancia estomática

En la figura 6, se presenta la curva de desarrollo de la conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), en la cual se observa que en la quinta fecha de medición (19-03-2021) en el cv. Santina se registran diferencias estadísticas entre los tratamientos. Los datos para este cv. fluctúan entre 0,13 y 0,33 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Por otro lado, en el cv. Lapins no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, observando los valores más altos durante el mes de marzo, con 0,31 a 0,34 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con un rango general que fluctúa entre 0,13 y 0,34 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.



Tratamiento	Santina					Lapins				
	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021
T1	0,308	0,303	0,258	0,168	0,331b	0,243	0,270	0,197	0,135	0,339
T2	0,301	0,227	0,208	0,136	0,274ab	0,260	0,259	0,222	0,132	0,343
T0	0,230	0,222	0,149	0,132	0,170a	0,298	0,285	0,189	0,120	0,309
Valor-p	0,26	0,51	0,13	0,19	0,02	0,25	0,88	0,75	0,63	0,59
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 6. Curva de desarrollo de conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p < 0,01; n.s. no significativo.

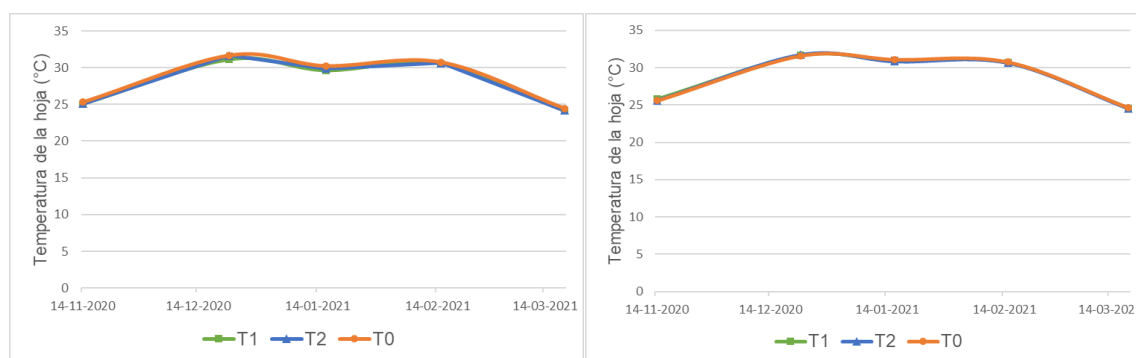
A medida que aumenta el estrés hídrico, es decir el potencial xilemático se vuelve más negativo, se produce el cierre estomático y también se reduce la conductancia estomática en

conjunto con la tasa transpiratoria (Yoon y Ritcher, 1990). Esto se puede observar durante el 19 de marzo de 2021, para el cv. Santina, donde se observa el estrés hídrico más alto de la temporada y, por ende, los valores más bajos de conductancia estomática de las plantas. En lo que respecta al cv. Lapins, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos,

T1 se compone de N y K₂O, los cuales en condiciones de estrés hídrico actúan inhibiendo la síntesis de etileno en la membrana plasmática, uniéndose a los receptores de etileno y desplazando este compuesto fuera de la célula (BioForge, 2019). Este tratamiento posee la media más alta del cv. Santina separándose del resto de los tratamientos, siendo el bioestimulante con la mejor respuesta. Por su parte, el tratamiento T0 presenta el menor valor en la mayoría de las fechas de medición, lo que concuerda con la literatura, ya que no presenta componentes que contra resten los efectos negativos del estrés hídrico.

4.3.6 Temperatura de Hoja

En la figura 7, se presenta la variable T° Hoja (°C), en la que no se observan diferencias significativas para ninguna de las cinco fechas en ninguno de los dos cultivares evaluados. Para Santina se registra un rango general de datos que fluctúa entre 24,14 a 31,68 (°C). La fecha con mayores temperaturas se registró el 22 de diciembre de 2020 para los tratamientos T1, T2 y T0 (31,1 °C, 31,7 °C y 31,7 °C, respectivamente). Asimismo, para el cv. Lapins, sus mayores temperaturas se registraron durante la segunda fecha (22-12-2020), con un promedio de temperatura de 31,7 °C.



Tratamiento	Santina					Lapins				
	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021
T1	25,08	31,13	29,63	30,56	24,13	25,79	31,65	30,90	30,67	24,57
T2	25,10	31,67	29,88	30,67	24,20	25,65	31,75	30,86	30,67	24,53
T0	25,29	31,68	30,23	30,74	24,44	25,59	31,59	31,09	30,75	24,62
Valor-p	0,79	0,44	0,26	0,80	0,15	0,56	0,89	0,73	0,79	0,79
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

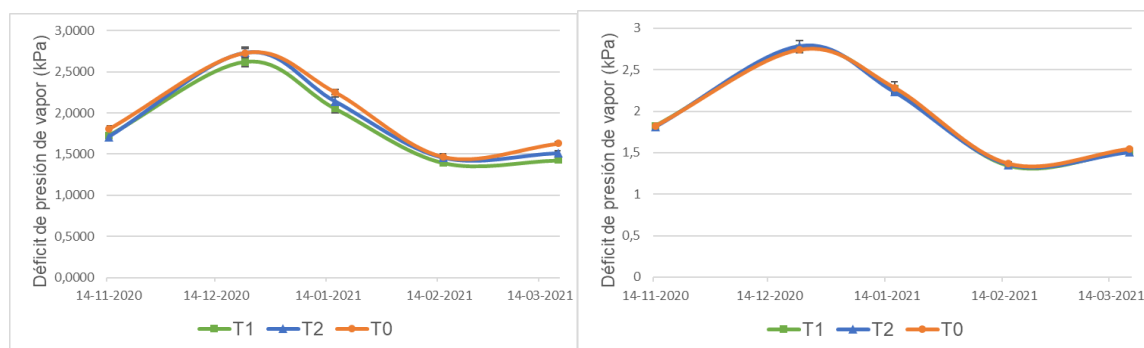
Figura 7. Curva de desarrollo de T° Hoja (°C) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p <0,01; n.s. no significativo.

Si bien no hubo diferencias significativas en ninguna de las fechas para ambos tratamientos, se puede observar que hay cierta relación y concordancia entre los datos de potencial hídrico, conductancia estomática y T° Hoja observados. Un aumento en el estrés hídrico provoca una disminución en la conductancia estomática (Leuning *et al.*, 1995; Tuzet *et al.*, 2003) y por ende, la temperatura foliar aumenta (Lourtier *et al.*, 1995). T1 obtuvo los valores de temperatura más bajos, seguido por T2 y por último el tratamiento T0, todo lo anterior indica que el primer

tratamiento tuvo el mejor efecto sobre la temperatura de la hoja. Estos resultados concuerdan con lo observado en el ACP, en donde las primeras dos variables mencionadas están correlacionadas de manera inversa con la temperatura de la hoja.

4.3.7 Déficit de presión de vapor

En la figura 8 se presenta el déficit de presión de vapor (KPa), en el cual se observan diferencia estadísticamente significativa durante la quinta fecha (19-03-2021) para Santina, con un valor-p de 0,001, donde ambos bioestimulantes presentaron un mejor comportamiento que el T0. Sin embargo, en Lapins no se observaron diferencias estadísticas en ninguna de las fechas evaluadas, fluctuando entre 1,341 a 2,878 KPa.



Tratamiento	Santina					Lapins				
	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021	14-11-2020	22-12-2020	16-01-2021	15-02-2021	19-03-2021
T1	1,73	2,62	2,05	1,40	1,43a	1,82	2,76	2,27	1,34	1,52
T2	1,71	2,74	2,14	1,46	1,51a	1,81	2,79	2,23	1,36	1,51
T0	1,81	2,73	2,25	1,47	1,63b	1,82	2,74	2,29	1,37	1,55
Valor-p	0,26	0,47	0,08	0,22	0,0012	0,93	0,85	0,83	0,80	0,77
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 8. Curva de desarrollo del déficit de presión de vapor (KPa) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para cv. Santina y Lapins. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%. * valor-p < 0,05; ** valor-p <0,01; n.s. no significativo.

DPV se correlaciona de forma negativa con la variable de estado hídrico, transpiración y conductancia estomática según el análisis realizado en el ACP. Es decir, en la medida que el potencial hídrico es más negativo (mayor estrés hídrico), y esto ocurre en conjunto con un alto DPV, el crecimiento de las hojas se inhibe (Devi *et al.*, 2018). Además, se produce un efecto negativo sobre la transpiración (Devi *et al.*, 2018), ya que esta variable es sensible a los cambios del DPV (Turner *et al.*, 1985; Zou y Kahnt, 1988; Hirasawa y Hsiao, 1999; Ray *et al.*, 2002; Cramer

et al., 2008; Yang *et al.*, 2012). Esto se corrobora parcialmente en los resultados, ya que un aumento en el DPV significaría una disminución numéricamente notoria en la conductancia estomática, potencial hídrico xilemático y transpiración de la planta. No obstante, se observan diferencias significativas en la quinta fecha en el cv. Santina, donde T1 y T2 son estadísticamente iguales, pero difieren de tratamiento T0. Por lo tanto, se puede inferir que los tratamientos con aplicaciones de bioestimulantes tiene un efecto positivo sobre la respuesta fisiológica de la planta ante condiciones altas de DPV.

5. CONCLUSIONES

Tanto para el cultivar Santina como Lapins, los tratamientos con aplicaciones de bio-estimulantes presentaron un menor estrés hídrico de planta en comparación con el tratamiento control, mostrando un efecto positivo sobre las variables de plantas evaluadas. Este comportamiento fue similar durante toda la temporada.

En cuanto a las variables de respuesta fisiológica, para el cultivar Santina, ambos bio-estimulantes presentaron una mejor respuesta que el tratamiento control durante toda la temporada, debido a la disminución del estrés hídrico observado durante toda la temporada. En cuanto a Lapins, no se observaron resultados claros al utilizar estos productos bio-estimulantes.

Para temperatura de hoja y dosel, no se registraron resultados claros para ninguno de los dos cultivares evaluados. Sin embargo, el DPV fue mayor para el tratamiento control en el cultivar Santina, mientras que en Lapins no se registraron diferencias estadísticas claras.

T1 se ve como la mejor opción como bioestimulante, ya que reduce el estrés hídrico y aumenta la transpiración, asimilación neta y conductancia estomática, sobre todo en el cultivar Santina. En Lapins los resultados no fueron claros en comparación a Santina.

Sería interesante desarrollar un estudio con un mayor nivel de detalle en relación al uso de bio-estimulantes sobre la calidad de la fruta obtenida durante la temporada siguiente al estrés hídrico (frutos dobles, frutos deformes, etc.), ya que estos productos podrían llegar a ser una herramienta de ayuda efectiva para el productor, considerando la fuerte demanda de fruta fresca y las condiciones climáticas desfavorables que se están registrando de manera cada vez más seguida durante las temporadas agrícolas, debido a los efectos adversos del cambio climático.

6. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Agroclima. 2020. Informe de precipitaciones en Penciahue, Maule, Chile. Recuperado en: <<http://www.agroclima.cl/InformesAgroclima/Precipitacion.aspx?IdEst=161&Infor=22&Tipo=2> > Consultado el: 17 de diciembre de 2020.

Agromet. 2021. Datos históricos año 2018 en Penciahue, Maule, Chile. Recuperado en: <<https://www.agromet.cl/datos-historicos>> Consultado el: 9 de septiembre de 2020

Aliaga, O. 2017. Cerezos: escenario actual, desafíos y calidad de fruta, Centro de Pomáceas, Universidad de Talca. Boletín técnico de Pomáceas, Vol. 17, (nº6): Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Talca, Chile. 3p.

Ayala, M. 2009. La evolución de los portainjertos para cerezos. Agronomía y Forestal UC. 39:22-25.

Bastías, R. y Leyton, M. 2018. Producción de cerezo bajo rafia y plástico: Efectos en el microclima, calidad y condición de la fruta, Revista frutícola Copefrut S.A., 40:8-14.

Berni, J., Zarco-Tajado, P., Sepulcre-Cantó, G., Fereres, E. y Villalobos, F. 2009. Estimación de conductancia estomática y detección de estrés hídrico en vegetación mediante imágenes térmicas de alta resolución espacial obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado (UAV), Teledetección: Agua y Desarrollo Sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. 1:25-28.

Berry, J., Bjorkman, O. 1980. Photosynthetic response and adaptation to high temperature in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol* 31, 491-543.

Blanke, M.M., Lang, G.A., Meland, M. 2017. Orchard microclimate modification. En: *Cherries: Botany, production and uses*, pp. 244-268. Eds. J. Quero-García, A. Lezzoni, J. Pulawska y G. Lang. CABI, Boston.

Børve, J., Meland, M., Sekse, L., y Stensvand, A. 2005. Plastic covering to reduce sweet cherry cracking affects fungal fruit decay. In *V International Cherry Symposium* 795: 485-488 p.

Carrasco, J., Pastén, J., y Riquelme, J. 2010. Manejo de Suelos para el Establecimiento de Huertos Frutales. Boletín INIA n° 207. 130 p.

Coll, B., Rodrigo, N., García, S., y Tamés, S. 2003. Fisiología vegetal. Ediciones pirámide (Grupo Anaya, S.A). 49-55 p.

Combes, D., Sinoquet, H., y Varlet-Grancher., 2000. Preliminary measurement and simulation of the spatial distribution of morphogenetically active radiation (MAR) within an isolated tree canopy. Ann. For. Sci. 57, 497-511.

Corelli-Grappadelli, L., y Lakso, A. 2007. Is maximizing orchard light interception always the best choice? Acta Horticulturae 732: 507-518.

Cramer, M.D., Hoffmann, V., Verboom, G.A., 2008. Nutrient availability moderates transpiration in *Ehrharta calycina*. New Phytol. 179 (4), 1048–1057.

Devi, M.J y Reddy, V.R. 2018. Effect of temperature under different evaporative demand conditions on maize leaf expansion, Environ. Exp. Bot. 155. 509–517.

Devi, M.J., Reddy, V.R. 2018. Transpiration response of cotton to vapor pressure deficit and its relationship with stomatal traits, Front. Plant Sci. 9.

Ding, C.K., Wang, C.Y., 2003. The dual effects of methyl salicylate on ripening and expression of ethylene biosynthetic genes in tomato fruit. Plant Science, 164: 589-596.

Ding, C.K., Wang, C.Y., Gross, KC., y Smith D.L. 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock protein genes in tomatoes by methyl jasmonate and methyl salicylate. Plant Science, 161: 1153-1159.

Donoso, J. M., Bastías, R., Lemus, G., y Silva, L. 2007. Comportamiento Fenológico del Cerezo (*Prunus avium L.*) en tres localidades de la VI Región. Temporadas 2005- 2006 y 2006-2007. Informativo INIA Rayentué, 8.

Du, Q., Zhang, D., Jiao, X., Song, X., Li, J. 2018. Effects of atmospheric and soil water status on photosynthesis and growth in tomato, Plant Soil Environ. 64. 13–19.

Ellena, M. 2012. Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile, Boletín INIA N° 247, 200 p.

Flore, J.A. 1994. Stone Fruit, pp. 233- 270. En: Schaffe, B., y Andersen, P.C. Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Volume I: Temperate Crops. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Flores-López, R., Sánchez-del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., Mora-Aguilar, R., Colinas-León, M. T., y Lozoya-Saldaña, H. (2009). Influencia de la radiación solar en la producción de semilla-tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. Revista Chapingo. Serie horticultura, 15(1), 25-30.

Frak, E., Le Roux, X., Millard, P., Adam, B., Dreyer, E., Escuit, C., Sinoquet, H., Vandame, M., y Varlet-Grancher, C. 2002. Spatial distribution of leaf nitrogen and photosynthetic capacity within the foliage of individual trees; disentangling the effects of local light quality, leaf irradiance, and transpiration. J. Exp. Bot. 378, 2207-2216.

Gallardo, I., Matamala, J. y Sánchez, F. 1994. Caracterización físico-hídrica de los suelos de Penuhue. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile. Boletín INIA Quilamapu n° 56, 99 p.

Goldberg, M., Orden, S., Mascarini, L., y Sierra, E. 1996. Transmisión Espectral en la Banda del PAR de las Cubiertas Plásticas para Invernaderos. Revista de la Asociación Argentina de Horticultura. 12: 172.

Hirasawa, T., Hsiao, T.C., 1999. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. Field Crops Res. 62 (1), 53–62.

Kapanen, A., Schettini, E., Vox, G., y Itavaara, M. 2008. Performance and environmental impact of biodegradable films in agriculture: a field study on protected cultivation. J Polym Environ, 16: 109-122.

Khan, W., Prithviraj, B., Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology, 160: 485-492.

Kulczewski, M., 2006. Experiencias y vision actual de portainjertos de Cerezo en distintas condiciones Agroclimáticas de Chile. Seminario UCV, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile.

Labra, E., Astudillo, O. y Riquelme, J. 2005. Fruticultura: Establecimiento de huertos de cerezos. Boletín INIA N°130, 86 p.

Lang, G.A, 2014. Growing sweet cherries under plastic covers and tunnels: physiological aspects and practical considerations, Department of Horticulture, Michigan State University, East Lansing, MI, USA. 10 p.

Lang, G.A., 2013. Tree fruit production in high tunnels: Current status and case study of sweet cherries. Acta Hort. 987, 73–82.

Lauri, P. y Claverie, J. 2001. Conduite du cerisier. Principes et pratiques de l'extinction. Réussir Fruit & Légumes 199:42-45.

Lee, H.I., Raskin, I. 1998. Glucosylation of salicylic acid in *Nicotianatabacum* Cv. Xanthi-nc. Phytopathology, 88: 692-697.

Lee, H.I., Raskin, I. 1999. Purification, cloning, and expression of a pathogen inducible UDP-glucose: salicylic acid glucosyltransferase from tobacco. The Journal of Biological Chemistry, 274: 36637-36642.

Lemus, G. 2005. Cultivo del cerezo. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Chile, Boletín INIA n° 133, 256 p

Leung, J. y J. Giraudat. 1998. Abscisic acid signal transduction. Ann. Rev. plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49, 199-222.

Leuning, R., Kelliher, F.M., De Pury, D.G.G., Schulze, E.D. 1995. Leaf nitrogen, Photosynthesis, conductance and transpiration: scaling from leaves to canopies. Plant Cell Environ 18 (10), 1183-1200

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York, NY

Long, L., Lang, G., Musacchi, S., y Whiting, M. 2015. Cerezos, sistemas de conducción, Department of Horticulture, Oregon State University; Washington State University; University of Idaho, USA. 64 p.

Lourtie, E., Bonnet, M., Bosschaert, L. 1995. New glyphosate screening technique by infrared thermometry. Fourth International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals, Australia, pp. 297-302

Medina, C., Souza, R., Machado, E., Rivero, R., y Silva, J. 2002. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. *Scientia Horticulturae* 96: 115-125.

MeteoChile (Dirección meteorológica de Chile). 2018. Datos históricos de precipitaciones y temperaturas Penciahue, Maule, Chile. Recuperado en: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/menuTematicoPrecipitacion_historicos> Consultado el: 17 de diciembre de 2020.

Mika, A., Buler, Z., Wójcik, K., and Konopacka, D. 2019. Influence of the plastic cover on the protection of sweet cherry fruit against cracking, on the microclimate under cover and fruit quality. *Research Institute of Horticulture*. 27:31-38.

Montiel, G., Serrano, M., Martínez-Romero, D., and Alburquerque, N. 2010. Factors influencing fruit set and quality in different sweet cherry cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4:1118-1128.

Morales, C.G., Riquelme, J., Hirzel, J., France, A., Pedreros, A., Uribe, H., Abarca, P. 2017. Manual de manejo agronómico de la frutilla. Boletín INIA n°17. 45 p.

Moreno, J., y M.A. Manzano. 2002. Variedades de cerezo para el Valle del Jerte. 78 p. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Extremadura, Badajoz, España.

Munns, R., James, R. A., Sirault, X. R., Furbank, R. T., & Jones, H. G. 2010. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of experimental botany*, 61(13), 3499-3507.

Negrón. 2005. Adaptación a condiciones climáticas. El cultivo de cerezo, Lemus, G. Boletín INIA N°133, 256 p.

Niinemets, U., 1999. Components of leaf dry mass per area – thickness and density – alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in woody plants. *New Phytol.* 144, 35-47.

Niinemets, U., Kill, O., Tenhunen, J.D., 1998. An analysis of light effects on foliar morphology, physiology, and light interception in temperate deciduous woody species of contrasting shade tolerance. *Tree Physiol.* 18, 681-696.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2015. Cerezas: frutas en expansión. Agosto 2015. Obtenido en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/Cerezas2015.pdf>. Consultado el 13 de noviembre de 2020.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2019. Catastro frutícola, principales resultados. Región del Maule. Julio 2019. Obtenido en: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/09/catastro_maule.pdf. Consultado el 19 de octubre de 2020.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2020. Boletín de fruta fresca. Febrero 2020. Obtenido en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-febrero-de-2020>. Consultado el 19 de octubre de 2020.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2020. Catastros frutícolas. 2020. Obtenido en: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>. Consultado el 19 de octubre de 2020.

Pearcy, R. W., & Sims, D. A. (1994). Photosynthetic acclimation to changing light environments: scaling from the leaf to the whole plant. Exploitation of environmental heterogeneity by plants, 145-174 p.

Pérez, G., Martínez, J. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Capítulo 2: El agua y la Planta. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 29-32 p.

Podestá, A. 2010. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. *Ciencias Agrarias*, 42(1), 73-91. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837646005>.

Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43: 439-463.

Ray, J.D., Gesch, R.W., Sinclair, T.R., Allen, L.H., 2002. The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. *Plant Soil* 239 (1), 113–121.

Reddy, P.P., 2016. Sustainable crop protection under protected cultivation. Singapore, Springer.

Rieger, M. 2006. Introduction to fruit crops. New York: New York: Haworth Food & Agricultural Products Press.

Rogiers, S., Greer, D., Hatfield, J., Hutton, R., Clarke, S., Hutchinson, P., y Somers, A. 2012. Stomatal response of an anisohydric grapevine cultivar to evaporative demand, available soil moisture and abscisic acid. *Tree Physiol.* 32: 249-261.

Schaffer, B., y Andersen, P.C. 2018. Handbook of environmental physiology of fruit crops. CRC Press.

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. *Int. J. Agric. Innov. Res.* 2, 2314–1943.

Sperry, J.A., Adler, F.R., Campbell, G.S., y Comstock J.P. 1998. Limitation on plant water use by rhizosphere and xylem conductance: results from a model. *Plant, Cell and Environment*, 21: 347-359.

Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. *Fisiología Vegetal*. II Edición. Castellón de la Plana, España. Editorial Universitat Jaume. 1335 p.

Turner, N.C., Schulze, E.-D., Gollan, T., 1985. The responses of stomata and leaf gas exchange to vapour pressure deficits and soil water content. *Oecologia* 65 (3), 348–355.

Tuzet, A., Perrier, A., Leuning, R. 2003. A coupled model of stomatal conductance, Photosynthesis and transpiration. *Plant Cell Environ.* 1097-1116.

Yang, Z., Sinclair, T.R., Zhu, M., Messina, C.D., Cooper, M., Hammer, G.L., 2012. Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficit. *Environ. Exp. Bot.* 78, 157–162.

Zhang S.Q. y W.H Outlaw. 2001. Abscisic acid introduced into the transpiration stream accumulates in the guard cell apoplast and causes stomatal closure. *Plant Cell Environ.* 24, 1045-1054.

Zou, D.S., Kahnt, G., 1988. Effect of air humidity on photosynthesis and transpiration of soybean leaves. *J. Agron. Crop. Sci.* 161 (3), 190–194.