



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

Efecto del uso de fitohormonas sobre la respuesta fisiológica en cerezo bajo condiciones de estrés ambiental en cámara de crecimiento.

MEMORIA DE TÍTULO

IVETTE GABRIELA VALENZUELA VALENZUELA

TALCA, CHILE 2022



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

APROBACIÓN

<p>Profesor Guía:</p>	 <hr/> <p>César Acevedo, Ingeniero Agrónomo, Doctor y Magister en Ciencias Agronómicas.</p>
<p>Profesor Co-guía:</p>	 <hr/> <p>Francisco Maldonado, Ingeniero Agrónomo.</p>

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 25 de abril de 2022.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, quisiera agradecer a toda mi familia, en especial a mis padres, Iván Valenzuela y Érica Valenzuela, quienes hicieron todo lo posible para que mi hermana gemela y yo pudiésemos estudiar al mismo tiempo en una universidad tan buena como es la Universidad de Talca. Mis hermanos, abuelas, tíos y madrinas que siempre ofrecieron cualquier tipo de ayuda en lo que yo necesitara. Muchas gracias por todo, sobre todo el apoyo que recibí en el primer año de estudios, el cual considero que fue una de las etapas más difíciles de mi vida, debido a todo el cambio que implica irse lejos de casa.

A mi pareja Sebastián Contreras, con quien llevo más de dos años, pero que desde el primer día ha sido un gran apoyo en mi día a día. Gracias por tu amor, compañía y paciencia. Espero que siga siendo así por mucho tiempo más, muchas gracias.

Como no agradecer también a todas aquellas personas que he considerado como mis amigos durante toda esta etapa universitaria: Vanessa, Nacha, Isadora, Camila, Gise, Dafne, Génesis, Ricardo, Mario, César y Lucas. A todos ustedes infinitas gracias por todos los momentos vividos juntos, jamás olvidaré todas esas salidas a "Patiperro" después de clases o pruebas, siempre tendrán un rincón en mi corazón.

Por último, pero no menor, quiero dar las gracias a los profesionales que estuvieron guiándome y apoyándome desde el día 1 desde que los contacté para solicitar si yo pudiese ser su tesista, Dr. Cesar Acevedo, Dr. Paulo Cañete y Francisco Maldonado, muchas gracias por todo el tiempo que dedicaron a hacer esto posible, sin ustedes esto jamás hubiese sido posible.

RESUMEN

Chile ha tenido un aumento considerable en la producción de cerezos debido a la creciente exportación de cerezas al mercado chino. Sin embargo, el sector frutícola chileno ha tenido que sobrellevar los efectos negativos que se han presentado del cambio climático, tales como el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones, lo que está generando condiciones de estrés ambiental en las plantas, situación que hace necesario buscar alternativas técnicas que permitan sobrellevar este complejo escenario. El presente estudio busca evaluar el efecto del uso de fitohormonas en cerezo bajo condiciones de estrés ambiental en cortos periodos de tiempo en cámara de crecimiento (ambiente controlado). Para ello, se utilizaron plantas de cerezo cv. Santina de 1 año, las que fueron sometidas a distintos niveles de estrés ambiental de moderado a severo, mediante el manejo de las condiciones de reposición hídrica y temperatura, más la aplicación de distintos tipos de fitohormonas, para posteriormente caracterizar variables fisiológicas de planta (potencial hídrico xilemático, transpiración, conductancia estomática, asimilación neta) y de expresión vegetativa (índice de vegetación de las diferencias normalizadas, NDVI). Al respecto, se evaluaron cuatro tratamientos, siendo T0= control, T1= Ácido Abscísico (ABA100), T2= Ácido Salicílico (SA25), y T3= Ácido Jasmónico (JAS50). T1 presentó los mejores resultados en cuanto a valores de NDVI, los cuales se mantuvieron entre 0.15 y 3.3. Del mismo modo, T1 mostró valores de estado hídrico de planta en torno a los -1.0 MPa. Por el contrario, T2 mostró mejores resultados en transpiración, cuyos valores se mantuvieron en la mayoría de las fechas sobre $0,001 \text{ (mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$. Misma situación ocurrió para la tasa de asimilación, la cual mantuvo los valores más estables, fluctuando entre 0,83 y 3,36 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Así los resultados muestran que T2 podría ser una alternativa interesante para ser utilizada en condiciones de campo, ya que, SA25 podría mantener las plantas fotosintetizando ante condiciones medioambientales adversas.

ABSTRACT

Chile has had a considerable increase in cherry Sweet Cherry surface area due to the increase in the export of fruits to the Chinese market. Nevertheless, the Chilean fruit sector has had to face the negative effects of climate change, such as the high temperatures in summer and decrease in the amount of rainfall, promoting abiotic stress conditions and the decreasing yield and plant performance. For these reason, seek new tools and agronomic strategies to mitigate the abiotic stress is needed. The objective of the present study was to evaluate the effect of phytohormones applications in Sweet cherry growing under stressful conditions in a growth chamber (controlled environment). For this purpose, 1-year-old Sweet cherry plants cv. Santina were subjected to different levels of environmental stress from moderate to severe, through the management of water ,temperatureand phytohormones treatments.To evaluate the treatments, xylematic water potential, transpiration, stomatal conductance, net assimilation and vegetative expression as NDVI(normalized difference vegetation index) was measure. Four treatments were evaluated: T0= control, T1= Abscisic acid (ABA100), T2= Salicylic acid (SA25), and T3= Jasmonic acid (JAS50). T1 shown the best results of vegetative values, which remained between 0.15 and 3.3 during the experiment. T1 presented water status values around -1.0 MPa (Moderate stress level), T2 Shownbetter results in transpiration, with values above 0.001 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) during different dates. The same pattern was found for the assimilation rate, with values between 0.83 and 3.36 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) at different dates. T2 presented the best results and could be an alternative to be used under field conditions, promoting plant functioning under adverse environmental conditions.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.	3
1.2 Objetivo general.	3
1.3 Objetivos específicos.	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Situación mundial	4
2.2 Situación nacional	4
2.3 Caracterización botánica.....	5
2.4 Caracterización del fruto	5
2.5 Requerimientos climáticos	6
2.6 Manejo del cerezo	7
2.6.1 Uso de camellones.....	7
2.6.2 Polinización	7
2.6.3 Sistema de conducción	8
2.6.4 Variedad-Portainjerto	9
2.7 Cultivar Santana	9
2.8 Estrés abiótico.....	10
2.9 Variables fisiológicas.....	10
2.9.1 Tasa fotosintética	10
2.9.2 Transpiración	11
2.9.3 Conductancia estomática	11
2.9.4 Potencial hídrico de planta	11
2.9.5 Temperatura y humedad relativa de hojas.	12
2.9.6 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	12
2.10 Fitohormonas	13
2.10.1 Ácido Abscísico (ABA)	13
2.10.2 Ácido Salicílico (SA)	14
2.10.3 Ácido Jasmónico (JAS)	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Sitio de estudio experimental	18
3.2 Material vegetal utilizado.....	18
3.3 Características del ensayo	18
3.4 Diseño experimental.....	20

3.5 Aplicación de tratamientos y mediciones	20
3.6 Mediciones fisiológicas y de estado hídrico	21
3.7 NDVI.....	23
3.8 Análisis estadístico.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Análisis de componentes principales	25
4.2 Análisis de varianza	28
4.2.1 Andeva para el estado hídrico.....	28
4.2.2 Andeva para variables fisiológicas	29
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
VII. ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Requerimientos climáticos según diferentes variedades en cerezo (<i>Prunus avium</i> L.)	7
Cuadro 3.1. Resumen de niveles de condiciones de restricción hídrica, temperatura ambiental y fitohormonas, siendo Ácido Abscísico (ABA100), Ácido Salicílico (SA25) y Ácido Jasmónico (JAS50).....	19
Cuadro 3.2. Resumen de combinación de condiciones de temperatura y reposición hídrica. La condición de "sin estrés" se definió como una temperatura de 20°C y una condición hídrica de capacidad de campo, mientras que un 100% de reposición se consideró como un riego que permitió mantener el sustrato en su capacidad de campo.....	19
Cuadro 3.3. Resumen condiciones ambientales a las que fueron sometidas las plantas durante las mediciones, designadas mediante las siglas: F1, F2, F3, F4, F5 y F6, acorde avanzaban las fechas de evaluación. Todas las mediciones fueron efectuadas durante 2021	21
Cuadro 3.4. Parámetros utilizados para la configuración de Li-6800 LI-COR antes de comenzar las mediciones de las variables fisiológicas de planta.....	23
Cuadro 4.1. Análisis de varianza para la variable potencial hídrico xilemático (MPa) en cerezos cv. Santina sometidos a diferentes condiciones de estrés ambiental y aplicaciones de fitohormonas durante la temporada 2021, siendo F1: 19 octubre, F2: 21 de octubre, F3: 22 de octubre, F4: 28 de octubre, F5: 29 de octubre y F6: 11 de noviembre.....	28
Cuadro 4.2. Análisis de varianza para las variables fisiológicas: transpiración ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), asimilación ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), conductancia ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y NDVI en cerezos cv. Santina sometidos a diferentes condiciones de estrés ambiental y aplicaciones de fitohormonas durante la temporada 2021, siendo F1: 19 octubre, F2: 21 de octubre, F3: 22 de octubre, F4: 28 de octubre, F5: 29 de octubre y F6: 11 de noviembre.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 3.1. Imágenes del ensayo en la cámara de crecimiento dentro del laboratorio de micro propagación.....	18
Figura 3.2. Diseño experimental del estudio de cerezos, realizado en bloques completamente al azar (DBA). El diseño se repite diez veces para cada una de las condiciones mencionadas.....	20
Figura 3.3. Estado evolutivo de las plantas de cerezo antes de dar inicio a la aplicación de los tratamientos.....	21
Figura 3.4. A la izquierda se muestra hojas cubiertas de plástico y papel aluminio y al derecho, utilización de bomba Scholander para obtención de variable de estado hídrico.....	22
Figura 3.5. Utilización de instrumento LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR) para obtención de las variables fisiológicas de planta.....	22
Figura 3.6. A la izquierda, forma en que se realizó la utilización de Sensor Green Seeker para la obtención Índice de Vegetación de las Diferencias Normalizadas. A la derecha, se muestra la forma en que se siguió el protocolo del equipo.....	23
Figura 4.1. Análisis de componente principales (ACP), a la izquierda se muestra la distribución de las variables de transpiración, asimilación neta, conductancia estomática, NDVI y potencial hídrico xilemático, analizando su respectiva contribución a los componentes 1 y 2. A la derecha se observan los individuos que corresponden a los mejores tratamientos evaluados (ácido abscísico 100 ppm (ABA100), ácido salicílico 25 ppm (SA25) y ácido jasmónico 50 ppm (JAS50)) versus el tratamiento control.....	25
Figura 4.2. Evolución de la variable NDVI para cada tratamiento desde F1 hasta F6.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 7.1. Distribución bloques del ensayo en cámara de crecimiento.....	48
Figura 7.2. Evolución de la expresión vegetativa de las plantas de cerezo en F2, F4 Y F6.....	48

I. INTRODUCCIÓN

El cerezo (*Prunus avium* L.), fue mencionado por primera vez en el año 1644, para luego ser propagado durante los primeros años del siglo XVII en toda la república desde Copiapó hasta Chiloé (Gay, 1865). Actualmente es una de las principales especies frutales en Chile, que ha experimentado un gran crecimiento en superficie, debido a una alta demanda del mercado internacional por este producto (ODEPA, 2020).

De acuerdo con el boletín de la fruta, avance febrero 2022 desarrollado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el cerezo se encuentra como el frutal con mayor superficie hasta el año 2021, con una superficie total a nivel nacional de 48.961 hectáreas, concentrándose la mayor parte de ésta en la zona Central, destacando la región de O'Higgins con 22.966 hectáreas, seguida por la región del Maule con 17.656 hectáreas y región Metropolitana con 3.681 hectáreas (ODEPA, 2022). Sin embargo, estos son los datos a la fecha, regiones como el Maule aún están con datos del año 2020, por lo que probablemente el Maule va a superar a O'Higgins en términos de superficie. Estos últimos años se ha dado un gran salto en la producción de este frutal, proyectando que para el año 2023 habrá 59.000 hectáreas de cerezos en nuestro país (ASOEX, 2020). Sin duda, el principal motor de este crecimiento son los altos retornos económicos que logran las cerezas en los principales mercados asiáticos, en especial China (Yuri *et al.*, 2019).

Las exportaciones entre 2008 y 2019 fueron relevantes, ya que tuvieron un crecimiento promedio anual de 80,1%, en donde China acaparó el 91,2% del total de los envíos nacionales, por lo que la superficie nacional de cerezos ha ido evolucionando en consecuencia del aumento considerable de la venta en China (Reyes *et al.*, 2021). Por esta razón el mercado chino se ha convertido en el destino de la exportación a nivel global de cerezas chilenas (ASOEX, 2020).

Como todo mercado tiene sus exigencias, el mercado chino no es una excepción, donde la calidad y la condición de la fruta son factores determinantes para que este negocio sea sostenible en el tiempo y la exigencia que demandan los mercados de la cereza chilena son cada vez mayores. En la actualidad el término calidad de la fruta en cerezos, está enfocado principalmente al tamaño, firmeza, sabor y dulzor (Soto, 2017; Donoso, 2018; Valenzuela, 2020).

Por lo tanto, la exportación de cerezas frescas está enfocada en satisfacer las necesidades de los importadores y distribuidores chinos, siendo capaces de poder manejar cualquier expectativa presente que vaya asociada a una alta calidad (Solorza, 2017). Sin embargo, lograr una buena calidad en la fruta engloba varios aspectos, en donde el sector frutícola chileno ha

tenido que sobrellevar los desafíos que presenta el cerezo en relación con los efectos negativos del cambio climático (heladas primaverales, lluvias a la cosecha, estrés térmico estival, limitado frío invernal en ciertas zonas productivas y en general una alta inestabilidad climática) (Yuri *et al.*, 2019). Todos estos cambios, provocan posibles estreses ambientales, tanto bióticos como abióticos, por lo que es necesario buscar una forma de preparar a las plantas para que sean capaces de tolerar de mejor forma estas condiciones medioambientales adversas.

Debido a lo anterior, existen hormonas vegetales (fitohormonas) reguladoras del crecimiento vegetal que responden a dichos estrés, como el ácido salicílico, el ácido jasmónico y el ácido abscísico. Estas fitohormonas son componentes principales en la señalización de los mecanismos de defensa de las plantas, participando también en una serie de procesos fisiológicos y regulatorios en las plantas (Altúzar, 2008).

Aun existiendo diferentes estudios que han mostrado una posible interacción entre estos compuestos, el conocer y comprender mejor estos complejos mecanismos de defensas que tienen las plantas, establece un importante desafío en la investigación científica, donde se han demostrado que las plantas genéticamente poseen mecanismos de defensa a los estrés bióticos y abióticos del medio (Roa, 2010).

Es por ello la relevancia que posee el estudio del uso del ácido jasmónico, salicílico y abscísico en cerezos, para poder obtener expresiones génicas que puedan propiamente tal adaptarse a las nuevas condiciones ambientales que supone el cambio climático, y así obtener una fruta de calidad acorde a las exigencias del mercado mundial.

1.1 Hipótesis.

La utilización de fitohormonas en cerezos mejoraría el comportamiento de las variables de intercambio gaseoso y estado hídrico de plantas sometidas a condiciones de estrés ambiental (restricción hídrica y temperaturas extremas).

1.2 Objetivo general.

Evaluar el comportamiento de las variables de intercambio gaseoso y estado hídrico de plantas de cerezos sometidos a condiciones de estrés ambiental, al utilizar ácido abscísico, ácido jasmónico y ácido salicílico.

1.3 Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto del uso de ácido abscísico, ácido jasmónico y ácido salicílico sobre el intercambio gaseoso de plantas de cerezos sometidas a condiciones de estrés ambiental en cámara de crecimiento
- Evaluar el efecto del uso de ácido abscísico, ácido jasmónico y ácido salicílico sobre el estado hídrico de planta en cerezos sometidos a condiciones de estrés ambiental en cámara de crecimiento.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Situación mundial

El cerezo (*Prunus avium* L.) ha ganado popularidad en la agricultura mundial, debido a su creciente demanda y altos precios en el mercado, siendo China el principal país importador de cerezas (ODEPA, 2015). Se estima que la producción mundial de cerezas alcanza los 2,6 millones de toneladas, en donde los países con mayor superficie plantada son China, Turquía, Estados Unidos, Italia, Irán, España y Chile (Aliaga, 2017).

Respecto a las exportaciones dirigidas a China, estas provienen mayoritariamente de países del hemisferio sur, donde Chile lidera en el primer grupo, mientras que en el segundo se encuentran Estados Unidos y Turquía (García *et al.*, 2019).

La principal razón por la cual la mayor parte de la fruta se exporta al mercado chino, se debe a la celebración del "Año Nuevo Chino", ya que, en esta festividad realizada en enero y febrero, se genera un consumo masivo de cerezas. Esto no ocurre tan solo por el sabor, sino que por las particularidades que son propias del fruto, como lo es el color rojo, el cual está asociado a la prosperidad y fortuna, y la forma redondeada a la perfección (ProChile, 2017).

2.2 Situación nacional

Chile es uno de los principales países exportadores de fruta de Latinoamérica, debido principalmente a que posee un clima privilegiado para su producción, ya que gracias a su conformación geográfica y por ser un país extenso de norte a sur, presenta una diversidad climática importante, permitiendo tener distintas zonas de cultivos para el cerezo (Reginato, 2009).

En los últimos 10 años se ha desarrollado fuertemente la producción de este frutal en Chile, debido a la alta demanda de la fruta por el mercado chino (Correa, 2019). Durante la temporada 2019/2020, Chile envió 464.709 toneladas de fruta fresca a ese país, reflejando un crecimiento de 3% en comparación con la temporada anterior, donde una de las principales frutas exportadas fue la cereza con 207,775 toneladas. Durante el año 2020, el 91% de las cerezas frescas que China importó provinieron desde Chile (ASOEX, 2020). Es en esta misma temporada 2020/2021 que se presentó un incremento sobre un 53% respecto a la temporada anterior (Barros, 2021).

En virtud de la alta rentabilidad de este frutal, gran cantidad de productores han decidido plantar esta especie, lo que ha significado pasar las 3.000 hectáreas en el año 2.000, a una cantidad de 45.000 hectáreas en la actualidad, en donde las variedades predominantes son Lapins, Santina, Regina y Bings (Correa, 2019), concentrando su producción principalmente en las regiones del Maule y O'Higgins (ODEPA, 2021).

2.3 Caracterización botánica

El cerezo (*Prunus avium* L.) es un árbol caducifolio perteneciente a la clase Dicotiledonea de la familia Rosaceae (Lemus, 2005). Es una especie diploide ($2n=16$), con gran vigor que puede alcanzar hasta 25 metros de altura. Tiene una raíz pivotante y una corteza lisa de color marrón rojizo. Sus hojas son simples, ovado-oblongas con márgenes aserrados y con su haz glabro y envés ligeramente pubescente (García, 2010). Posee flores blancas hermafroditas, las cuales están formadas por un largo pedúnculo, con seis sépalos verdes y cinco pétalos blancos, junto con un pistilo y cinco a veinte o más estambres amarillos (Loewe *et al.*, 2001).

Tiene un hábito de crecimiento altamente acrotónico. A media que pasan los años, las ramas del cerezo comienzan a dominar las zonas superiores del árbol, por lo que va dejando poca opción de poder renovar las zonas bajas. Para ello, se sugiere la opción de formar el primer piso al primer año y al siguiente durante el segundo año, de tal forma que la zona baja llevará ventaja temporal a la zona alta, evitando los problemas de renovación, al menos los 10 primeros años (Correa, 2019).

2.4 Caracterización del fruto

Sus frutos corresponden a drupas. Están formadas por un carozo que contiene una semilla simple que está cubierta por una testa dura. Esta testa, es un tejido carnoso o pulpa que generalmente es comestible, rodeada de la piel que le da el color rojo, donde este color a veces puede llegar a ser amarillo o negro (Lemus, 2005; Ellena, 2012). Sin embargo, es característico que estas drupas sean de color rojo, el cual se debe a las altas concentraciones que poseen de antocianinas, lo que le otorga un efecto antioxidante considerado beneficioso para la salud humana (Gao y Mazza, 1995).

Su crecimiento sigue una curva doble sigmoidea, la que es común en todos los frutales de carozo, donde se identifican tres fases o etapas; I, II y III (Hidalgo y Arribillaga, 2013). La fase I tiene una duración media entre 25 y 35 días, la cual comienza con la caída de los pétalos, observándose un aumento de tamaño debido a la existencia de división celular. Luego, en la fase

II presenta una duración de 10 a 15 días, cuya diferencia con la fase anterior, no se presenta un aumento significativo de tamaño, sino que su importancia está marcada por la lignificación del carozo, o en otras palabras su endurecimiento. Por último, la fase III presenta un aumento importante de la tasa de crecimiento del fruto debido a la elongación celular, para posteriormente desarrollar la coloración del fruto (Donoso *et al.*, 2005; Candant *et al.*, 2017).

2.5 Requerimientos climáticos

Las condiciones térmicas marcan las limitaciones más importantes en la producción de los cerezos. El clima es una variable importante al momento de seleccionar un sitio para la producción de un huerto de cerezos, debido a que esta especie requiere de un clima templado frío, donde las temperaturas de invierno no sean demasiado severas y las medias fluctúan entre los 7 y 14°C (Loewe *et al.*, 2001).

Como en cualquier otro frutal, es necesario conocer la acumulación de grados días. Su término alude a la diferencia de la temperatura media diaria sobre un umbral determinado, donde este puede variar entre 5 a 10°C según el cultivo. Algunas de las importancias que posee la aplicación de este principio, es la programación de fechas de siembra o ciclos de cultivos y el pronóstico de la fecha de cosecha (Potter *et al.*, 2013), cuya consideración es relevante para que las planificaciones de plantaciones futuras produzcan fruta de calidad y de forma sostenida, de tal forma que se asegure una rentabilidad del cultivo en el tiempo (Barros, 2017).

En términos de frío invernal, necesitan un periodo de latencia o reposo, el cual comienza en otoño con la movilización de asimilados hacia los órganos de reserva y una posterior defoliación del árbol (Cordeiro, 2003). Es por ello, que cuando finaliza el periodo vegetativo, sus yemas entran a fase de reposo, la cual transcurre casi todo el invierno, y la posterior brotación ocurre en primavera una vez alcanzado un cierto periodo de frío. Este se expresa como la sumatoria de horas con temperaturas inferiores a 7°C desde la caída de las hojas de las plantas y difiere en cuanto a la variedad de acuerdo a la época de cosecha (Ellena, 2012).

Otro método mediante el cual se puede calcular el frío invernal, se basa en el concepto de las porciones de frío (Barros, 2017). Este corresponde a una exposición a 6° C por 24 a 28 horas, donde se señala que el frío es fijado por la planta y no puede ser revertido por altas temperaturas posteriores. La utilización de uno u otro método de cálculo del frío invernal, dependerá de la localidad, (Sepúlveda *et al.*, 2011) (Cuadro 2.1). Si no se cumple con este requerimiento, la floración es tardía e irregular, lo que desencadenará posteriormente una pobre cuaja y una fuerte caída de los frutos (Arribillaga, 2002).

Cuadro 2.1. Requerimientos climáticos según diferentes variedades en cerezo (*Prunus avium* L.).

Variedad	Horas frío	Porción frío	Época de cosecha
Santina	600 a 700	42	Temprana
Lapins	500 a 600	36	Media
Regina	1000 a 1200	47	Tardía

Fuente: García *et al.*, 2014.

En términos generales, el cerezo es una especie resistente al frío en invierno, sin embargo, es sensible a las heladas durante la floración (mes de septiembre), y la temporada de crecimiento. Esta sensibilidad difiere de una variedad a otra (Serri y Ocampo, 2005). La etapa más sensible a sufrir daños por heladas es el estado de fruto recién cuajado (Lemus, 2005).

El cerezo durante el periodo de crecimiento requiere de abundante agua, ya sea por medio de riego o a partir de lluvia, donde hay que tener bastante cuidado con estas últimas, ya que, si se produce en periodo de floración y/o maduración, puede comprometer seriamente la producción (Cordeiro, 2003).

2.6 Manejo del cerezo

Durante los primeros años de la plantación es donde se establece la forma que va a tener el cerezo a lo largo de toda su vida productiva. Por ello, es de gran importancia conocer la tendencia natural de crecimiento de este frutal, junto con las distintas variedades, conducción y portainjerto que se deben seleccionar, ya que entre menos acertadas sean estas elecciones, mayores serán los gastos innecesarios en su producción (Gella y Rodrigo, 2003).

2.6.1 Uso de camellones

Para lograr un buen establecimiento del huerto de cerezos, se debe tener en consideración la construcción de camellones, debido a que se requiere de suelos profundos, bien drenados y aireados, por lo que el uso de camellones favorece estos requerimientos (Cazanga *et al.*, 2013).

2.6.2 Polinización

En cerezo es imprescindible la realización de una polinización adecuada con el objetivo de tener una buena cuaja. El factor influyente más importante es la compatibilidad del polen, junto con un número suficiente de insectos polinizantes en la plantación (Fadón *et al.*, 2019).

La mayoría de las variedades cultivadas en la actualidad son auto estériles, lo que quiere decir que su polen no puede polinizar sus flores, siendo necesario una polinización cruzada, cuyas flores necesitan ser polinizadas con polen de otra variedad para poder llegar a producir el fruto (Rodrigo *et al.*, 2019). Para ello, es necesario intercalar árboles polinizadores de otras variedades que sean compatibles y que coincidan en la fecha de floración (temprana, media o tardía), de tal modo que se pueda asegurar una correcta polinización (Cachi *et al.*, 2015).

Sin embargo, también pueden presentarse variedades que son capaces de autofecundarse, a las cuales se denominan auto fértiles. Ejemplo de ellas son las variedades Lapins, Stella y Santina (Donoso *et al.*, 2002).

2.6.3 Sistema de conducción

En general, la elección de un sistema de conducción debe realizarse de acuerdo a la combinación variedad-portainjerto, marco de plantación, disponibilidad de mano de obra, facilitación de tareas como la poda, raleo y cosecha, características del suelo, y además de las ventajas y desventajas propias que considere el productor (Arribillaga, 2002).

Bajo esta premisa, se busca introducir sistemas de conducción que permitan controlar el vigor, de tal manera que se obtengan árboles de menor tamaño, más productivos y que entren anticipadamente en producción (Ellena, 2002). Esta elección debe considerar principalmente el diseño de la plantación, ya que es esta la que está condicionada por factores como: medio ambiente del sitio de plantación, combinación variedad-portainjerto, densidad de plantación y el manejo del suelo (Long *et al.*, 2005).

Por su parte, los huertos de cerezos buscan una plantación de mediana a alta densidad, por lo que los sistemas de conducción más usados son de altura moderada, concentrando la mayor parte de la fruta en la parte baja del cerezo. Entre las alternativas se encuentran: Eje Central, Doble Eje, Tall Spindle Axe (TSA); Super Slender Axe (SSA), Upright Fruiting off Shoots (UFO) y Kym Green Bbush (KGB) (Aliaga, 2017).

En la actualidad, el sistema de conducción más usado en la producción de cerezas es el eje central tradicional. Este tiene como ventaja la precocidad para entrar en producción, pero tiene altos costos de mano de obra, ya que requiere de un trabajo intenso para conseguir una ramificación óptima de los ejes, y luego jornadas para abrir y amarrar las ramas productivas. Además, al momento de la cosecha requiere del uso de escaleras debido a su altura (Espinosa, 2015).

2.6.4 Variedad-Portainjerto

Una adecuada elección de la combinación variedad-portainjerto en función de las limitaciones de suelo y clima, ayuda a lograr un huerto uniforme, optando por un mayor potencial productivo, debido a que esta combinación debe estar enfocada en buscar una adecuada intercepción y distribución de luz y renovación de las ramas (Aliaga, 2017).

La combinación de ambos, se debería seleccionar de acuerdo a la adaptación que tiene a las condiciones edafoclimáticas propias de cada sitio, resistencia o tolerancia a enfermedades, plagas y a condiciones limitantes de suelo. Para ello, es importante tener en cuenta que el portainjerto tiene una influencia decisiva sobre el comportamiento de la variedad que es injertada, como lo son el tamaño del árbol, vigor, velocidad de cuaja, marco de plantación, calidad de la fruta y el adelanto o el retraso de la maduración (Cazanga *et al.*, 2013).

Si vemos esta elección en base a las preferencias varietales, las combinaciones más usadas son: Santina/Colt, Lapins/Gisela 6, y en segundo grupo se ubican, Sweetheart/ Colt, Santina/Maxma 14, Kordia/Gisella 6 y Lapins/Maxma 14 (Aliaga, 2017).

2.7 Cultivar Santina

Este cultivar es originario de Canadá y se obtuvo del cruzamiento entre "Stella" x "Summit". (García *et al.*, 2017). Árbol semi-vigoroso de hábito semi erecto, el cual no posee problemas para ramificar. Autofértil que posee una floración temprana y una buena precocidad.

Respecto a sus frutos, son de buen sabor, firmes, piel brillante y atractiva, con un color de madurez rojo caoba. Su calibre alcanza valores de 26 a 30 mm y una producción potencial de 10 a 15 ton (FDF, 2010), sin embargo, esto va a depender del portainjerto, debido a que en combinación con alguno de vigor intermedio a bajo es de importancia realizar una buena regulación de la carga ya que en exceso producirá fruta pequeña (Lemus, 2005).

Por su parte, esta variedad lidera entre las que son de floración temprana, por lo que posee la particularidad de poder viajar sin problema al momento de exportarlas, debido a que tiene una buena vida de postcosecha, sobre todo al lejano mercado de destino asiático (Lemus y Negrón, 2005).

2.8 Estrés abiótico

El estrés abiótico se define como cualquier condición externa a los organismos vivos, los cuales pueden llegar a reducir el crecimiento, supervivencia y fecundidad de una planta (Catalayud, 2010). También es definido como cualquier factor físico químico que reduce la tasa de algún proceso fisiológico, dejando estos por debajo de su máximo productivo (García, 2012). Algunos de estos factores son el déficit o exceso de agua, altas o bajas temperaturas, radiación UV y salinidad (Tambussi, 2004; Montoliu, 2010).

Debido a una serie de modificaciones evolutivas, las plantas son capaces de percibir estas tensiones de cambios ambientales y responder inmediatamente a condiciones de estrés, de tal forma que minimizan los daños producidos (Atkinson y Urwin, 2012). Ventaja importante, debido a que el estrés abiótico es considerado como la principal causa de pérdida de cultivos a nivel mundial, causando disminuciones en los rendimientos en más del 50% de la mayoría de los cultivos (Bray *et al.*, 2000).

2.9 Variables fisiológicas

Debido a que el estrés ambiental promueve cambios que disminuyen el rendimiento en los cultivos, es necesario comprender los procesos fisiológicos, junto con los mecanismos de adaptación y aclimatación de las plantas (Monteolivas *et al.*, 2019).

2.9.1 Tasa fotosintética

La fotosíntesis es uno de los metabolitos primarios más importante en las plantas, en donde se convierte la energía lumínica en energía química (Kraub, 2003). El aprovechamiento lumínico tiene una estrecha relación con el crecimiento del árbol y la formación de frutos. Una óptima radiación solar favorece la inducción floral, diferenciación, cuajado, tamaño, color y calidad de los frutos (Dussi, 2007; Fischer y Orduz, 2012).

En términos de números, para que la fotosíntesis neta sea positiva, la mayoría de los frutales requieren de una intensidad lumínica de al menos 500 a 800 $\mu\text{moles por m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de fotones, siendo equivalente a un 30% de plena luz en un día de verano (Labra *et al.*, 2004).

2.9.2 Transpiración

La transpiración en las plantas es la pérdida de agua desde las hojas hacia la atmósfera, la cual está asociada al intercambio de CO₂, teniendo como vía principal de intercambio a los estomas. La planta debe lograr un equilibrio entre la absorción del CO₂ necesario para la fotosíntesis y la pérdida de agua por transpiración, de tal modo que se genere un flujo unidireccional durante el proceso de transpiración de la planta (Varela, 2010).

Por lo tanto, la transpiración se considera como el principal mecanismo de refrigeración foliar, siendo efectivo en el caso de una temperatura atmosférica elevada, humedad relativa baja y buen suministro de agua en la planta (Sánchez *et al.*, 2009).

2.9.3 Conductancia estomática

La conductancia estomática (Gs) se define como la velocidad a la cual se produce el flujo de agua transpirada desde las hojas hacia la atmósfera a través de los estomas, siendo su unidad de medidas moles m⁻² s⁻¹ (López, 2005).

El estrés hídrico provoca un cierre estomático prematuro, desencadenando una reducción en la tasa de transpiración, lo que se traduce en un incremento de la temperatura de la cubierta vegetal (Berni *et al.*, 2009), repercutiendo directamente en el flujo xilemático de agua, por lo que existe una limitación en la capacidad fotosintética de las hojas (Schmidt, 2017). La disminución de la conductancia estomática ha sido reportada como una de las principales limitantes de la fotosíntesis (Pita *et al.*, 2005).

2.9.4 Potencial hídrico de planta

La medición del potencial hídrico fue desarrollada en el siglo XX por Dixon, y posteriormente fue modificada por Scholander (Scholander *et al.*, 1965). Esta técnica permite determinar el estado hídrico de las plantas, por medio de una cámara de presión tipo Scholander (Scholander *et al.*, 1965). El principio se basa en la teoría tenso-coheso-transpiratoria, la cual explica el ascenso del agua desde las raíces hacia las hojas. Cuando se produce transpiración la fuerza de cohesión del agua genera un vacío o succión del agua en el xilema generando una tracción la cual es transmitida de forma descendente a través del tronco, generando el ingreso del agua desde el suelo hacia las raíces (Steudle, 2001).

El estado hídrico de las plantas puede ser evaluado utilizando diferentes metodologías que emplean la cámara de presión como herramienta básica para efectuar la medición, dentro de las más utilizadas podemos mencionar: (i) el potencial hídrico de la hoja, (ii) el potencial hídrico del xilema a mediodía y (iii) el potencial hídrico del amanecer (Choné *et al.*, 2000, 2001; Ojeda *et al.*, 2002; Girona *et al.*, 2006; Sibille *et al.*, 2007; Acevedo-Opazo *et al.*, 2010). Todas estas metodologías son ampliamente utilizadas y constituyen una medición de deferencia del estado hídrico de muchas especies frutales, desde niveles bajos a altos de restricción hídrica (Ojeda *et al.* 2002; Tisseyre *et al.*, 2005; Acevedo-Opazo *et al.*, 2008). Sin embargo, el ψ_X ha sido propuesto como un indicador fisiológico muy sensible del estado hídrico de la planta completa en frutales manejados bajo condiciones de riego (Cifre *et al.*, 2005; Shackel, 2007). Choné *et al.*, (2001) mostraron que el ψ_X es un indicador fisiológico muy sensible en plantas manejadas bajo condiciones de riego, representado la capacidad que tiene la planta de transportar agua desde el suelo hasta la atmósfera. El éxito de esta técnica de medición como indicador fisiológico radica en su baja variabilidad de mediciones entre las distintas hojas de una misma planta en comparación con el potencial hídrico de hoja, que representa la medición de una hoja individual dentro del dosel de la planta.

2.9.5 Temperatura y humedad relativa de hojas.

La temperatura de las hojas es una variable que influye sobre la velocidad de las reacciones que tienen lugar en la hoja, es por ello que tiene un efecto en la variación de la concentración de CO₂, es decir en la transpiración (Moya y González, 1984). A medida que la temperatura de la hoja es mayor, más transpira la planta (Méndez, 2019).

2.9.6 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

NDVI es un indicador que define valores de -1.0 a 1.0, mediante los cuales se puede proporcionar información que al interpretarse puede lograr un diagnóstico rápido y dirigido en cuanto a las condiciones nutricionales, estado fisiológico, incidencia de estrés y rendimiento potencial de los cultivos (Inman *et al.*, 2005, Lan *et al.*, 2009).

La forma de accionar es a través de la reflectancia de la luz del rojo y rojo lejano, identificando la presencia de vegetación mediante la presencia de clorofila que actúa como indicador de salud en las plantas (Kumar y Silva, 1973). Por otra parte, estos datos de reflectancia espectral pueden usarse para calcular una variedad de índices vegetativos, los cuales están correlacionados con los parámetros agronómicos y biofísicos de la planta con lo que es la actividad fotosintética y productividad de la planta (Ma *et al.*, 2001; Adamsen *et al.*, 1999).

2.10 Fitohormonas

Debido a los efectos negativos ocasionado por diferentes tipos de estrés biótico y abiótico, es necesario incrementar la tolerancia de las plantas, para lo que surgen como opción las denominadas fitohormonas. Estas son un grupo de moléculas pequeñas de naturaleza química diversa que controlan procesos fisiológicos importantes dentro de la planta, los cuales van desde su crecimiento y desarrollo, incluyendo la respuesta frente a condiciones de estrés biótico y abiótico (Chavez *et al.*, 2012).

Estas fitohormonas son producidas naturalmente por las plantas y actúan a través de una compleja red de señales hormonales. Algunas de ellas, siendo las más esenciales en las respuestas de las plantas frente al estrés abiótico, son el ácido abscísico, el ácido salicílico, el ácido jasmónico y el etileno, los cuales tienen una función documentada de respuestas en las plantas (Laredo *et al.*, 2017). Todas estas fitohormonas, ejercen sus efectos en las plantas ya sea de forma individual, aditiva, sinérgica o antagónica, por lo que las diferentes respuestas desencadenadas, van a depender del balance de estos compuestos (Pan, *et al.*, 2008; Chávez *et al.*, 2012).

2.10.1 Ácido Abscísico (ABA)

El ácido abscísico, también conocido como ABA, es una fitohormona descubierta en los años 60's. Es considerada como inhibidor y controlador de algunos procesos vegetales que normalmente ocurren de forma natural.

En relación a su biosíntesis, ABA es generado en casi todas las células vegetales, de manera indirecta por las plantas en dos lugares diferentes de la célula; en los plastidios a través de ciertos carotenoides o en el citosol (Sah y Reddy, 2016; Vishwakarma *et al.*, 2017). Además, se encuentra otra ruta que sintetiza ABA de forma directa, la cual es a través de algunos organismos fúngicos fitopatógenos (Sebastián *et al.*, 2019). Este, puede ser transportado por toda la planta vía xilema y floema (Taiz y Zeiger, 1998; Sauter *et al.*, 2001).

En cuanto a las concentraciones típicas encontradas en las plantas, bordean los valores entre 0,01 y 1,0 mg/L, s, siendo estos valores incrementados hasta 50 veces más cuando las plantas están bajo estrés hídrico. Estas concentraciones típicas en plantas no estresadas se encuentran principalmente en semillas, ovarios y frutos (Nambara y Marion-Poll, 2005).

Ha sido llamada como la hormona del estrés, debido a que una de sus funciones es la adaptación o inducción a la tolerancia a diferentes estímulos de estrés, tales como temperaturas bajas, radiación UV, patógenos, salinidad, siendo una de las participaciones más importantes la que es en respuesta de la planta frente al déficit hídrico (Giraudat *et al.*, 1994; 1995; Leung y Giraudat, 1998; Finkelstein *et al.*, 2002). Este último, se desenvuelve regulando el balance de agua en plantas en condiciones de estrés, ya sea mediante el cierre estomático y con la mantención de absorción de agua por las raíces (Li *et al.*, 2006).

De acuerdo a lo nombrado anteriormente, el ABA juega un rol importante en la regulación de la transpiración, ya que contribuye a la coordinación que existe entre la conductancia estomática y el agua disponible, evitando la pérdida de la transpiración en consecuencia del cierre estomático que se provoca, de tal manera que no desencadene en un menor crecimiento y fijación de carbono (Melotto *et al.*, 2006). Zhang *et al.*, (2016), reportaron resultados positivos en su estudio, donde la aplicación directa a través de pulverización foliar de ABA en trigo (*Triticum aestivum* L.), mejoró el rendimiento del cultivo y la eficiencia del uso de agua frente a estrés ambiental.

En relación al crecimiento y desarrollo de las plantas, el ABA considerado como regulador de crecimiento vegetal, ya que es responsable de inducir y mantener la latencia de semillas, además de promover la síntesis de proteínas de almacenamiento (Finkelstein y Rock, 2002). También, participa en la germinación, división celular, y moldea la arquitectura de las raíces (Sah y Reddy, 2016). Se ha evidenciado que en embriones mutantes de maíz que no sintetizan ABA, inhibe la una germinación precoz de la semilla cuando aún se encuentran unidas a la planta madre (McCarty, 1995), además de que en semillas mutantes de que *Arabidopsis* que tampoco sintetizan ABA, también provocan una disminución en la dormancia (Finkelstein *et al.*, 2002).

Respecto al uso de esta fitohormona en la agricultura, puede ser usada en diversos cultivos de tal manera que se pueda aumentar la tolerancia a diversos estreses abióticos (Borjas *et al.*, 2020), donde muchas de las investigaciones donde se busca mejorar la tolerancia de cultivo contra los estrés, intentan incrementar la capacidad de acumulación de ABA de las plantas u optimizar su respuesta al momento de estar sometidas a condiciones adversas (Jordan y Casaretto, 2006).

2.10.2 Ácido Salicílico (SA)

Es una importante fitohormona que se encuentra en todos los tejidos de las plantas, la cual regula diferentes respuestas al estrés, ya sea en respuesta a patógenos, como también a muchos factores ambientales, y otros relacionados con el desarrollo de las plantas (Coego, 2006).

El ácido salicílico químicamente es conocido como ácido 2-hidroxibenzoico, con una fórmula molecular $C_7H_6O_3$ (Sariñana, 2019). Forma parte de un grupo de compuestos sintetizados por el metabolismo secundario de las plantas de origen fenólico, el cual es derivado del ácido benzoico (Coquoz *et al.*, 1998; Ávalos y Pérez, 2009).

Este compuesto fenólico está involucrado en la regulación de crecimiento y desarrollo de las plantas, y también es conocido por tener una acción favorable frente al estrés biótico y abióticos (Miura y Tada, 2014). Respecto al desarrollo y crecimiento, abarca diversas funciones metabólicas, como la síntesis de lignina, actividad alelopática y en algunos casos la biosíntesis de compuestos que están relacionados a la defensa, como lo son las fitoalexinas (Rangel *et al.*, 2010).

Además de cumplir un rol importante en la transmisión de señales, la actividad fisiológica que ha sido más demostrada mediante estudios, es la intervención que tiene sobre la resistencia sistémica adquirida (SAR), la cual es un efecto de respuesta inmunológica ante una previa infección por patógenos en la planta (Ramírez, 2012). Lo que sucede en esta resistencia, es que cuando las plantas se enfrentan a las lesiones provocadas por el ataque de algún patógeno, estas resisten su propagación (Raskin, 1992). La inducción ocurre en dos etapas, donde la primera reconoce al patógeno y en forma de defensa, induce las respuestas locales a través de cascadas de señalización, conllevando a una acumulación intracelular de Ácido Salicílico. Posteriormente, esta acumulación induce a un aumento de expresión de genes relacionados a la patogenicidad llamadas proteínas PR, lo que promueve a la segunda etapa de SAR, la cual consiste en inducir resistencia en el tejido sistémico alejado del punto de infección (Díaz, 2012).

Por otro lado, existe gran cantidad de literatura que demuestra el efecto que tiene al remojar las semillas con ácido salicílico sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Hayat *et al.*, 2012). Basados en los resultados de Larqué *et al.*, (2010), confirma que SA tiene un efecto sobre el incremento del tamaño radical, además de un efecto positivo en el desarrollo del dosel en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Existe también evidencia que SA es un importante regulador de fotosíntesis, debido a que afecta la estructura de la hoja y del cloroplasto (Uzunova y Popoya, 2000). Basado en el trabajo de Hayat *et al.*, (2012), aplicaciones de SA como aspersión foliar en garbanzos (*Cicer arietinum* L.), tiene un efecto sobre el crecimiento, fotosíntesis, fijación de nitrógeno y asimilación, cuya efectividad depende del tipo de especie, tiempo de aplicación y concentración utilizada. Tucuch *et al.*, (2014), reportaron resultados de dos experimentos independientes, donde al evaluar el ácido salicílico en plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.), señalan que este favoreció

significativamente el peso fresco de la raíz, también altura y peso fresco de la biomasa total.

En cuanto la respuesta frente a estrés abióticos, es importante mencionar que SA participa en las relaciones hídricas de las plantas de condiciones de estrés, brindando protección a las plantas (Miura y Tada, 2014). Resultados reportados por distintos autores, han informado que SA de origen exógeno en las plantas que se encuentran estresadas, ya sea a través de remojo de semillas, solución nutritiva, riego o pulverización, son capaces de inducir importantes mecanismos de tolerancia al estrés abiótico (Horvath *et al.*, 2007; Anwar *et al.*, 2013; Palma *et al.*, 2013).

Existe una gran probabilidad que la agricultura actual tenga que enfrentar próximamente el desafío de alimentar a la población humana acorde al rápido crecimiento de ésta, junto con enfrentar una revolución verde, por lo que toma relevancia la mejora de la tolerancia al estrés de las plantas cultivadas, y por ende el aumento de los rendimientos de los cultivos de forma amistosa con el medio ambiente. Es por esto, que la aplicación exógena de compuestos biológicamente activos de origen natural como AS, puede ser una alternativa para poder mejorar la producción en condiciones ambientales cambiantes (Janda *et al.*, 2020).

2.10.3 Ácido Jasmónico (JAS)

El ácido jasmónico (JAS), junto con moléculas relacionadas y sus derivados llamados jasmonatos son fitohormonas de origen lipídico (Farmer *et al.*, 2003). En cuanto a su característica molecular más importante, se sabe que el JAS es una ciclopentosa que posee una cadena pentenilo y una cadena carboxílica. Se origina a partir del ácido grado poliinsaturado alfa-ácido linolénico (Sanchez, 2008).

Puede encontrarse mayormente en órganos jóvenes de hojas, flores, frutos, en menor concentración en raíces, hojas viejas y hojas maduras (Alcántara *et al.*, 2019).

En relación a las actividades metabólicas a nivel fisiológico que participa, se encuentra el crecimiento, desarrollo celular, regulación de la germinación de las semillas, desarrollo de la raíz, formación de tubérculos, adaptación a factores de estrés y también en la actividad inmunitaria en las plantas (Nazar *et al.*, 2015). Dentro de la capacidad que tiene de controlar y de regular la germinación de semillas, también tiene la capacidad de inhibir o retrasar la germinación, siendo esta una gran ventaja que puede ser utilizada a nivel biotecnológico cuando se quiere preservar una especie vegetal de manera *in vitro* (Alcántara *et al.*, 2019).

Por otro lado, el ácido jasmónico y sus derivados, al igual que el ácido salicílico, son considerados componentes de la vía de transducción de señales en los mecanismos de defensas de las plantas, por lo que se ha visto un aumento del nivel endógeno de estos cuando la planta se encuentra sometida a estrés (Yhan *et al.*, 2013). Se ha demostrado que líneas mutantes de *Arabidopsis* presentan bajo nivel de ácido jasmónico y por consiguiente una baja resistencia a patógenos. Al realizar una aplicación exógena de la hormona, es capaz de reestablecer la resistencia a enfermedades (McConn, *et al.*, 1997). Sin embargo, esta respuesta ha sido mayoritariamente estudiada en cultivos de la familia Solanácea, especialmente en tomate (Schillmiller y Howe, 2005).

Dentro de la misma línea, diversos estudios han demostrado que inducen a la biosíntesis de varias enzimas que están involucradas en las reacciones de resistencia en plantas (Laredo *et al.*, 2017). En este sentido, es importante mencionar que como en cualquier otro proceso metabólico, no participan de forma aisladas, debido a que existe una cierta interacción con otras moléculas señalizadoras. Interacciones como las del etileno, ácido salicílico, auxinas o ácido abscísico (Rojo *et al.*, 2003).

Ejemplo de lo anterior, cuando una planta ha sido herida por algún patógeno, donde principalmente se induce un aumento de etileno, éste posteriormente fomentará la síntesis del ácido jasmónico. La acción sinérgica de ambas fitohormonas da lugar a la respuesta en defensa frene a las heridas (Winz y Balwin, 2001).

Por último, refiriéndose a otras de las actividades que participa, se ha demostrado que en hojas de soya sometidas a una pérdida del 15% de su peso fresco, los niveles de ácido jasmónico se incrementaron cinco veces después de estar sometidas por dos horas a condiciones de estrés (Creelman y Mullet, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio de estudio experimental

El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2021/2022 en el laboratorio de micro propagación, ubicado en las dependencias de la Universidad de Talca, provincia de Talca, región del Maule, Chile ($35^{\circ}24'21.95''S$; $71^{\circ}38'2.35''O$ y altitud de 102 m.s.n.m). Ver figura siguiente.

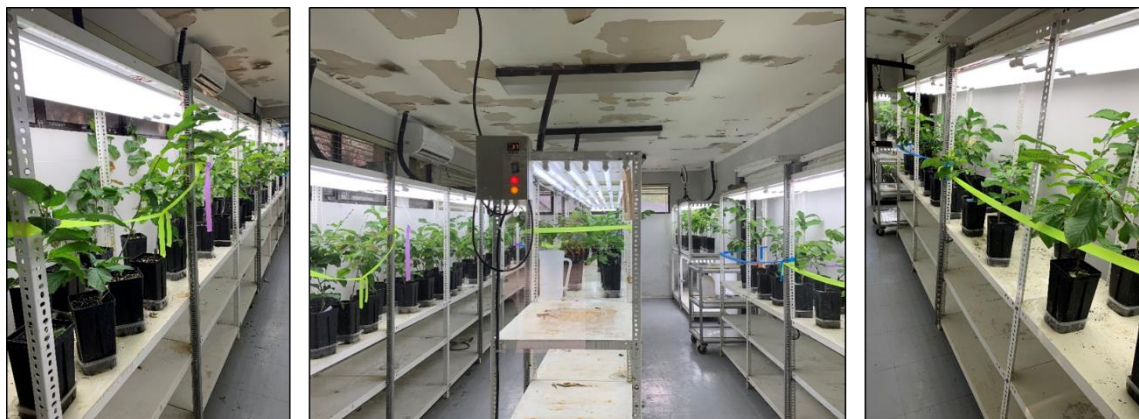


Figura 3.1. Imágenes del ensayo en la cámara de crecimiento dentro del laboratorio de micro propagación.

3.2 Material vegetal utilizado

En relación con el material vegetal utilizado en este ensayo, fue realizado en 40 plantas de cerezo de 1 año cv. Santina, con una altura de 30 cm e injertadas sobre un patrón "Maxma 14", las que fueron adquiridas en el "Viveros Comalle", ubicado en Teno, séptima Región del Maule, Chile. Se utilizó tierra de hoja como sustrato y macetas plásticas como contenedor con un volumen de 2000 cm³.

3.3 Características del ensayo

En el ensayo, se evaluaron tres tratamientos más un control absoluto. El primer tratamiento (T1) correspondió a la aplicación de Ácido Abscísico, el segundo tratamiento (T2) correspondió a Ácido Salicílico, y el tercero (T3) correspondió a Ácido Jasmónico, mientras que el testigo (T0) no tuvo aplicaciones.

Respecto a las características de las hormonas utilizadas, se utilizó el Ácido Salicílico marca Sigma Aldrich al 99% de pureza, número CAS 69-72-7 y peso molecular 138,12 g/mol. El Ácido

Jasmónico utilizado fue Metiljamosnato marca sigma Aldrich al 95% de pureza, número CAS 39924-52-2 y peso molecular 224,30 g/mol. Y por último el Ácido Abscísico marca sigma Aldrich al 98%, número CAS 14375-45-2 y peso molecular 264,32 g/mol.

Las plantas fueron expuestas a un ciclo que combinó diferentes niveles de restricción hídrica, temperatura y concentración de las fitohormonas en la cámara de ambiente controlado (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Resumen de niveles de condiciones de restricción hídrica, temperatura ambiental y fitohormonas, siendo Ácido Abscísico (ABA100), Ácido Salicílico (SA25) y Ácido Jasmónico (JAS50).

Condición temperatura	Condiciones reposición hídrica	Niveles hormonales (ppm)
45%	100%	ABA 100
	70%	JAS 50
	40%	SA25

En total las plantas fueron sometidas a 6 condiciones ambientales diferentes, considerando la medición inicial, en la cual no se realizó ningún tipo de estrés (Cuadro 3.2). Se dejaron interactuar las plantas con la condición de estrés las primeras 24 horas del ciclo, se evaluó para posteriormente aplicar los tratamientos de fitohormonas, y evaluar nuevamente al siguiente día al cumplirse 24 horas posterior a la aplicación. Una vez finalizado el primer nivel de combinación de condiciones ambientales, se dejó descansar las plantas antes de iniciar el siguiente nivel de estrés ambiental y aplicaciones de fitohormonas.

Cuadro 3.2. Resumen de combinación de condiciones de temperatura y reposición hídrica. La condición de "sin estrés" se definió como una temperatura de 20°C y una condición hídrica de capacidad de campo, mientras que un 100% de reposición se consideró como un riego que permitió mantener el sustrato en su capacidad de campo.

Condición	0	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	Sin estrés	45	45	45	45	45
Reposición hídrica (%)	Sin estrés	70	70	40	40	100

Cabe mencionar que, para alcanzar la temperatura de 45°C en la cámara controlada, se utilizó el aire acondicionado a su capacidad máxima de 30°C, junto con 3 calefactores eléctricos pequeños que fueron distribuidos en posiciones estratégicas dentro de la cámara de ambiente controlado.

Respecto a la reposición hídrica, las plantas fueron regadas utilizando el cálculo del volumen-peso para cada contenedor, el cual fue calculado según el peso de cada maceta, para ello se midió el volumen de agua lixiviada y la capacidad de campo para cada una de las plantas evaluadas.

3.4 Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBA), donde cada bloque contiene los 3 tratamientos hormonales además del control absoluto.

Debido a la disposición del aire acondicionado y los calefactores utilizados para aumentar la temperatura de la cámara, se decidió utilizar este tipo de diseño, debido a la alta variabilidad generada en los diversos sectores de la cámara. La unidad experimental correspondió a 1 planta con 10 bloques (repeticiones), ver figura 3.2 (Figura 7.1 del ANEXO).

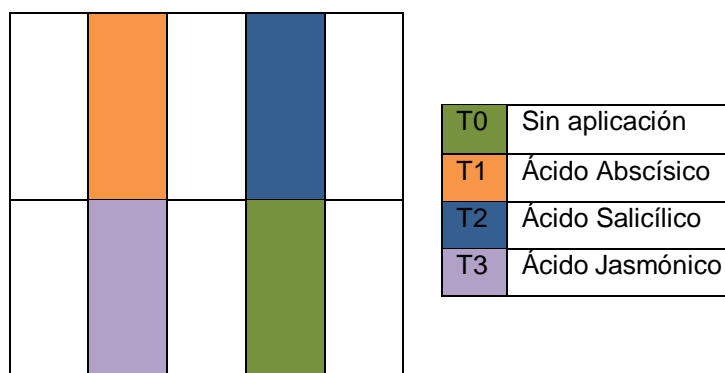


Figura 3.2. Diseño experimental del estudio de cerezos, realizado en bloques completamente al azar (DBA). El diseño se repite diez veces para cada una de las condiciones mencionadas.

3.5 Aplicación de tratamientos y mediciones

Antes de llevar a cabo el ensayo, se realizó una nivelación para conseguir que las plantas de cerezos estuvieran homogéneas, lo cual constó primero de una exposición a condiciones de 0°C por un período de tres semanas, de tal manera que se logró suplir sus necesidades de horas frío. Posteriormente, las plantas fueron expuestas a temperaturas de 25°C con un fotoperiodo de 15 horas de luz / 9 horas de oscuridad, con el objetivo de promover una rápida brotación y desarrollo vegetativo. Una vez que las plantas alcanzaron el estado de follaje maduro con hojas completamente desplegadas, se inició la aplicación de los tratamientos (Ver figura siguiente).



Figura 3.3. Estado evolutivo de las plantas de cerezo antes de dar inicio a la aplicación de los tratamientos.

Las aplicaciones de fitohormonas fueron realizadas con rociadores-pulverizadores de 1 litro, con soluciones que fueron calculadas según lo definido en el ensayo (25, 50 y 100 ppm). La aplicación consistió en mojar la totalidad del follaje de las plantas 2 veces, es decir, se aplicó una vez, se esperó unos minutos y luego una segunda aplicación.

Cuadro 3.3. Resumen condiciones ambientales a las que fueron sometidas las plantas durante las mediciones, designadas mediante las siglas: F1, F2, F3, F4, F5 y F6, acorde avanzaban las fechas de evaluación. Todas las mediciones fueron efectuadas durante 2021.

	0	1	2	3	4	5
Condición	(sin estrés)	(estrés)	(estrés + hormona)	(estrés)	(estrés + hormona)	(estrés + hormona)
Temperatura (°C)	Sin estrés	45	45	45	45	45
Reposición hídrica (%)	Sin estrés	70	70	40	40	100
Fecha	19 octubre	21 octubre	22 octubre	28 octubre	29 octubre	11 noviembre
Código	(F1)	(F2)	(F3)	(F4)	(F5)	(F6)

3.6 Mediciones fisiológicas y de estado hídrico

Para caracterizar el estado hídrico de las plantas, se midió el potencial hídrico xilemático (Ψ_x) en los bloques número 1, 6 y 10. Para ello, se utilizó una cámara de presión o bomba Scholander (marca PMS Instruments Co., modelo 600, Corvallis, Oregon, USA) (Ver figura 3.4). Para ello, se seleccionó 1 hojas sana ubicada en el tercio medio de cada planta evaluada, las cuales fueron cubiertas con una lámina de plástico y aluminio 1 hora antes de la medición, con el fin de igualar el potencial hídrico entre la hoja y el tallo. La medición fue realizada en la mañana, entre las 9:30 AM y las 11:30 PM.



Figura 3.4. A la izquierda se muestra hojas cubiertas de plástico y papel aluminio y al derecho, utilización de bomba Scholander para obtención de variable de estado hídrico.

Para evaluar la respuesta del intercambio gaseoso de las plantas, se midió las variables de conductancia estomática (g_s ; $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), tasa transpiratoria (E ; $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y tasa de asimilación neta de las plantas (a_n ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en los bloques número 3, 7, 8 y 9. Para ello se utilizó un analizador infrarrojo de gases portátil (Li-6800 LI-COR) (Ver figura 3.5), el cual fue configurado siempre con los mismos parámetros medioambientales (Cuadro 3.4).



Figura 3.5. Utilización de instrumento LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR) para obtención de las variables fisiológicas de planta.

Cuadro 3.4. Parámetros utilizados para la configuración de Li-6800 LI-COR antes de comenzar las mediciones de las variables fisiológicas de planta.

Variable	Valor
Temperatura (°C)	23
C02 (μmoles)	400
Humedad relativa (%)	50
Flujo (μmoles)	700
PAR	100

Todas las mediciones fueron realizadas en hojas sanas, y ubicadas en el tercio medio de la planta. Estas mediciones fueron efectuadas simultáneamente con las mediciones de Ψ_x .

3.7 NDVI

Para cuantificar el estado vegetativo y/o sanitario de las plantas, se utilizó el Índice de Vegetación de las Diferencias Normalizadas (NDVI) en los bloques 3,7,8 y 9, siendo estos los mismos que se utilizaron para medir las variables de intercambio gaseoso. Para ello, se utilizó un sensor GreenSeeker, mediante el cual se fueron midiendo los valores de NDVI de las plantas, las cuales se fueron ubicando en una mesa con color blanco de fondo, según lo indicado en el protocolo de medición del equipo. Ver figura siguiente.



Figura 3.6. A la izquierda, forma en que se realizó la utilización de Sensor Green Seeker para la obtención Índice de Vegetación de las Diferencias Normalizadas. A la derecha, se muestra la forma en que se siguió el protocolo del equipo.

3.8 Análisis estadístico

En primera instancia, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), con todas las variables y tratamientos, para determinar la correlación entre las variables y su grado de asociación con los tratamientos aplicados. Este análisis fue realizado mediante el uso del software XLSTAT. Posteriormente se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), con el objetivo de poder encontrar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Para cada uno de los análisis se realizaron pruebas de comparación múltiple de rangos, de tal forma de obtener la separación de las medias, mediante la separación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), junto con la comprobación de homogeneidad de los datos, que se llevó a cabo mediante el test de Levene's para las varianzas, con un valor $p > 0,05$. Toda la información recopilada en el ensayo fue analizada a través del software estadístico XLStat y STATGRAPHICS Centurion XVI.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de componentes principales

En la siguiente figura se presenta un análisis de componentes principales (ACP), el cual exhibe la interacción entre las variables fisiológicas y de crecimiento vegetativo (NDVI) realizadas durante el ensayo.

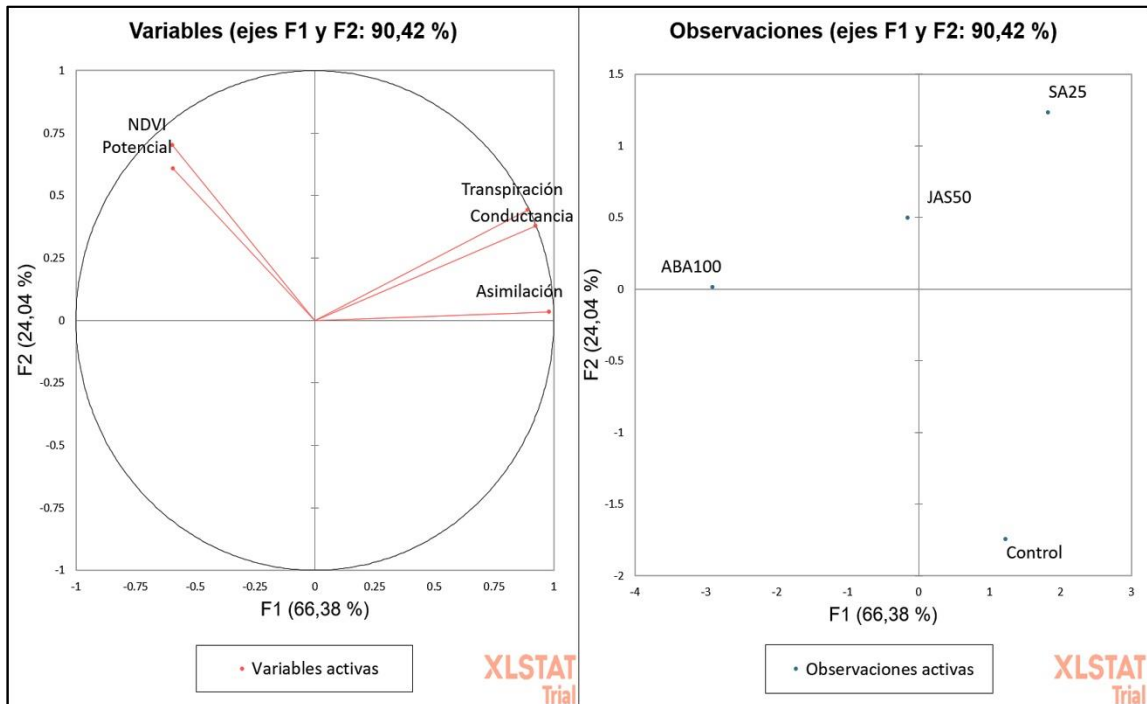


Figura 4.1. Análisis de componente principales (ACP), a la izquierda se muestra la distribución de las variables de transpiración, asimilación neta, conductancia estomática, NDVI y potencial hídrico xilemático, analizando su respectiva contribución a los componentes 1 y 2. A la derecha se observan los individuos que corresponden a los mejores tratamientos evaluados (ácido abscísico 100 ppm (ABA100), ácido salicílico 25 ppm (SA25) y ácido jasmónico 50 ppm (JAS50)) versus el tratamiento control.

En relación con el comportamiento de las variables, estas pueden ser explicadas por los factores o componentes principales. Se observa que el componente 1 (F1) explica un 66% de la variabilidad de los datos, mientras que el componente 2 (F2) explica un 24%. En su conjunto, ambos componentes explican el 90,4 % de la variabilidad total de los datos.

En general, se observa una alta correlación entre las variables evaluadas (vectores) y los ejes o componentes. Así, entre más cerca estén los vectores del eje mayor es la contribución de las variables a la explicación de los componentes principales o ejes. Por lo tanto, al observar el lado derecho de la figura, se aprecia que las variables que más contribuyen con el componente 1, son la asimilación neta y conductancia estomática. Para el primer caso (asimilación), estaría representada con un 28,9%, mientras que la conductancia estomática con un 25,7%, ambas seguidas por la variable de transpiración con un valor de 23,9%. Siguiendo con las mismas variables nombradas anteriormente (asimilación y conductancia), se observa una alta correlación positiva entre ambas, esta interacción se podría interpretar que a menor conductancia estomática de la planta se observaría en una menor asimilación, es decir, una menor fotosíntesis en el cerezo.

Del mismo modo, al analizar la correlación entre la conductancia estomática con la asimilación neta y la transpiración, podemos observar una relación positiva, lo que estaría indicando que tanto la asimilación como la transpiración son variables altamente dependientes del comportamiento estomático. De acuerdo con esta relación, al reducir la conductancia estomática, se generaría un cierre estomático, que disminuiría significativamente el flujo de vapor de agua entre la atmósfera y la cavidad subestomática (Yoon y Ritcher, 1990; Flexas *et al.*, 2009; Prasad y Sonnewald, 2015), afectando directamente el flujo xilemático de agua, limitando la capacidad fotosintética de las hojas (Schmidt, 2017).

Por otro lado, el factor 2 estaría explicado principalmente por la variable NDVI con un 40,8%, seguido por el potencial hídrico xilemático con 30,7%. Por su parte, NDVI (expresión vegetativa) está correlacionada con todas las otras variables de forma inversa. En relación con la conductancia estomática, podemos señalar que a medida que se tiene una mayor cantidad de píxeles bajo condición de estrés hídrico, menor será el valor de conductancia, y viceversa. Al respecto, Quito (2020) observó que a medida que las plantas están bajo condiciones óptimas de riego, mayor sería la cantidad de píxeles saludables observado en una imagen multispectral, traduciéndose en que las plantas no presentarían problemas de crecimiento vegetativo, ya que la planta presentaría un mayor intercambio de gases.

Al observar la variable de potencial hídrico xilemático y el NDVI, podemos señalar que ambos vectores o variables se encuentran en posiciones opuestas, con un ángulo de inserción de casi 180°, esta situación estaría indicando la existencia de una fuerte correlación inversa entre ambas variables. Esto podría interpretarse que a medida que las plantas se encuentran sometidas a una mayor condición de restricción hídrica (valores más negativos del potencial hídrico) tendríamos plantas con menores valores de NDVI, es decir, un menor desarrollo vegetativo general en las

plantas de cerezo.

Siguiendo con la variable de potencial hídrico de planta, debido a que su vector se encuentra en la misma dirección con la asimilación neta, se muestran altamente correlacionadas entre sí, por lo que, al tener valores más negativos de potencial hídrico xilemático, la fotosíntesis tendió a ser menor en las plantas de cerezo. Lo anterior, debido que a medida que las plantas están expuestas a mayores niveles de restricción hídrica, más disminuiría el agua disponible del suelo para las plantas, teniendo como respuesta que estas inducirían un cierre estomático, lo que provocaría que el intercambio gaseoso en las plantas se vea afectado, disminuyendo así la asimilación neta.

Al analizar la distribución de los tres tratamientos aplicados (ABA100, SA25 y JAS50), se puede observar cuales de estos se correlaciona de mejor o peor manera con las variables analizadas anteriormente. Al respecto podemos observar que el tratamiento que presenta el mayor intercambio gaseoso y bajo estrés hídrico es el SA25, por el contrario, el tratamiento que presenta los valores más elevados de estrés hídrico es el testigo. Por su parte el JAS50 presenta un comportamiento estomático e hídrico intermedio. Por último, el tratamiento con aplicaciones de ABA100 al cerrar completamente los estomas, protege a la planta de la deshidratación (presentando los menores valores de estrés hídrico del ensayo), pero con los menores valores de intercambio gaseoso (muy cercanos a cero), debido al cierre estomático prematuro que genera la acción hormonal de ácido abscísico.

En relación con los resultados de NDVI (expresión vegetativa), podemos observar que el tratamiento control fue el que se presenta más afectado, mostrando los menores valores para este índice de vegetación. Por su parte ABA100 fue el que presentó los mayores valores de NDVI, siendo el único tratamiento que permitió llegar con hojas funcionales al final del ensayo. Este resultado podría ser muy relevante para los productores de cerezas que pudieran verse afectados por condiciones de estrés hídrico severo hacia finales de temporada. En este sentido el tratamiento hormonal con ABA podría ser utilizado para proteger la integridad de las plantas que se encuentren sometidas a condiciones de estrés hídrico severo durante cortos períodos de tiempo, debido a un corte del suministro hídrico por una falla del sistema de riego (rotura de una matriz) o debido a los turnos de riego cada vez más frecuentes en las zonas frutícolas de Chile.

Finalmente, se puede señalar que para condiciones de estrés intermedio a fuertes la aplicación de SA25 podría ser una estrategia interesante de ser aplicada en cerezos, ya que, a pesar de estar sometidas a condiciones de difícil funcionamiento, las plantas siguen trabajando con una actividad de intercambio gaseoso que hace posible que la planta siga fotosintetizando, incluso

bajo condiciones ambientales complejas (estrés hídrico, alta temperatura y baja humedad relativa).

4.2 Análisis de varianza

Posterior al ACP, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) simple, para las variables fisiológicas, y de estado hídrico de planta, los cuales se pueden observar en los cuadros 4.1 y 4.2 respectivamente.

4.2.1 Andeva para el estado hídrico

Cuadro 4.1. Análisis de varianza para la variable potencial hídrico xilemático (MPa) en cerezos cv. Santina sometidos a diferentes condiciones de estrés ambiental y aplicaciones de fitohormonas durante la temporada 2021, siendo F1: 19 octubre, F2: 21 de octubre, F3: 22 de octubre, F4: 28 de octubre, F5: 29 de octubre y F6: 11 de noviembre.

Potencial Hídrico Xilemático						
Tratamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Control	-0.59	-0.80	-0.94	-2.87	-3.18	-0.40
ABA100	-0.72	-0.87	-0.69	-1.80	-1.73	-0.39
SA25	-0.53	-0.77	-0.90	-2.44	-2.31	-0.46
JAS50	-0.48	-0.75	-0.84	-1.62	-1.31	-0.42
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.variación	45.9%	13.5%	18.4%	42.5%	51.9%	23,0%

Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, test tukey (HSD), $p < 0.05$); * = significancia; n.s = no significancia.

En el análisis de potencial hídrico, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En general, se observa que los valores varían en función de las condiciones ambientales a las cuales fueron expuestas las plantas según fecha de medición, notándose significativamente que los valores resultantes están fuertemente relacionados con las fechas de aplicación de las fitohormonas, evidenciando que estas tienen un efecto de mitigación positivo en las plantas ante condiciones medioambientales adversas como las observadas en este ensayo. Al respecto, se observa un aumento en los valores de potencial hídrico en fechas de medición que incluyeron aplicaciones. Al respecto, F5 y F6 presentaron los valores menos negativos de potencial hídrico xilemático.

Cabe destacar que, entre F5 y F6, se observa un período relativamente largo entre mediciones, debido a que las plantas después de F5 se encontraban en una mala condición de crecimiento vegetativo, por lo que se decidió mantener las plantas bajo condiciones sin estrés

(20°C-100%) durante 13 días, con la finalidad de recuperar la condición de planta antes de la última evaluación del ensayo. Así F6 fue clasificada como la condición ambiental de menor estrés, presentado valores de potencial hídrico en el rango de valores bajo a moderados.

De acuerdo con lo anterior, el valor menos negativo, el cual sería considerado como el mejor tratamiento según esta variable, se encuentra el tratamiento ABA100 con un valor de -0,39 MPa en F6, el cual presentó condiciones de estado hídrico consideradas como estrés leve (45°C y 100% HR). La aplicación exógena de ABA se ha utilizado como una práctica de mitigación de la sequía en muchos experimentos, debido a que se ha demostrado que reduce el estrés hídrico inducido en las plantas (Li *et al.*, 2011). Los resultados de Hu *et al.*, (2022) revelaron que la aplicación exógena de ABA en algodón bajo estrés por sequía, mejoró significativamente el estado hídrico de las plantas, donde el tratamiento ABA mostró valores menos negativos de potencial hídrico en comparación con el tratamiento control sin aplicación.

Por otra parte, los valores que más se destacan del resto son los observados en el tratamiento control, cuyo valor más negativo se registró en F5, con -3,18 MPa, es decir, fue el tratamiento más estresado. Esta situación puede explicarse por las altas temperaturas y el bajo contenido de agua en el suelo, siendo la fecha donde se registró la condición ambiental con mayor estrés del ensayo (45°C y 40% de HR). Este resultado coincide con lo observado en literatura, en donde se confirma que el potencial hídrico xilemático es un excelente indicador del estado hídrico del sistema suelo-planta-atmósfera (Cutchan y Shackel, 1992; Podestá *et al.*, 2010).

4.2.2 Andeva para variables fisiológicas

En general en el análisis de estas variables fisiológicas de este estudio, las aplicaciones de las diferentes fitohormonas no presentaron un efecto significativo entre los tratamientos, siendo las fechas 2,3 y 4 las que obtuvieron resultados significativos en variables fisiológicas específicas.

Cuadro 4.2. Análisis de varianza para las variables fisiológicas: transpiración ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), asimilación ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), conductancia ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y NDVI en cerezos cv. Santina sometidos a diferentes condiciones de estrés ambiental y aplicaciones de fitohormonas durante la temporada 2021, siendo F1: 19 octubre, F2: 21 de octubre, F3: 22 de octubre, F4: 28 de octubre, F5: 29 de octubre y F6: 11 de noviembre.

Transpiración						
Tratamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Control	0.0012	0.0016b	0.0025	0.0005	0.0002	0.0012
ABA100	0.0010	0.0014b	0.0003	0.0007	0.0002	0.0018
SA25	0.0011	0.0030a	0.0021	0.0011	0.0011	0.0009
JAS50	0.0017	0.0016b	0.0012	0.0007	0.0010	0.0011
Significancia	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s
C.variación	51.8%	40.3%	69.8%	72.3%	116.1%	87.5%

Conductancia estomática						
Tratamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Control	0.092	0.072b	0.118	0.023	0.007	0.097
ABA100	0.075	0.062b	0.013	0.030	0.008	0.152
SA25	0.082	0.146a	0.099	0.046	0.040	0.078
JAS50	0.129	0.074b	0.054	0.027	0.034	0.092
Significancia	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s
C.variación	53.9%	44.9%	73.5%	73.3%	117.4%	91.2%

Asimilación neta						
Tratamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Control	3.42	1.53	3.43a	0.16	-0.08	3.30
ABA100	2.83	1.53	1.44b	0.11	-0.12	2.84
SA25	3.21	2.36	3.36a	0.71	0.83	1.64
JAS50	3.47	1.97	2.91a	0.08	0.11	2.78
Significancia	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s
C.variación	25.1%	28.8%	36.2%	172.1%	516.2%	56.7%

NDVI						
Tratamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Control	0.31	0.28	0.27	0.3ab	0.21	0.08
ABA100	0.31	0.27	0.33	0.27ab	0.29	0.15
SA25	0.25	0.21	0.32	0.22c	0.29	0.10
JAS50	0.26	0.31	0.27	0.32a	0.28	0.1
Significancia	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s
C.variación	28.4%	31.0%	24.1%	19.0%	21.6%	61.6%

Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las medias, test tukey (HSD), $p < 0.05$; * = significancia; n.s = no significancia.

Transpiración

Respecto a la variable transpiración, solo presentó diferencias significativas en la fecha 2. En general no se observa la acción de las fitohormonas. En ABA100 los valores fueron disminuyendo a medida que fue avanzando la temporada, sin presentar ningún aumento hasta llegar a F6, el cual aumentó de 0,0002 a 0,0018 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), por lo que se infiere que esto resultó en consecuencia de la condición de la última fecha, en el cual las plantas estuvieron expuestas a un estrés relativamente más bajo en comparación con las otras condiciones anteriores. Este leve aumento de la transpiración a fines de la temporada se presentó en general en todos los

tratamientos por la misma causa. Por otra parte, JAS50 mostró casi el mismo efecto, pero con un aumento a partir de F5.

En relación con el tratamiento SA25, éste manifestó el valor más alto en comparación con los demás tratamientos, siendo 0,003 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en F2. Si bien a partir de F3 no presentó ningún aumento, si se mantuvo estable. La transpiración es una variable que se relaciona directamente con la conductancia estomática, debido a que, al inducir un cierre estomático a causa de un estrés, la planta evitará perder agua mediante una menor transpiración, siendo una de las primeras respuestas de defensa la planta al estrés hídrico (Medrano *et al.*, 2002; Chaves *et al.*, 2010). La planta induce esta respuesta con el objetivo de disminuir la tasa de crecimiento/área foliar, mediante la pérdida de turgencia de las células (Carrasco, 2017). Es por ello que, se ha demostrado que el ácido salicílico al inducir el cierre estomático involucra a la termotolerancia basal y adquirida, incrementando sus niveles endógenos como respuesta al estrés por alta temperatura (Kotak *et al.*, 2007; Snyman y Cronjé, 2008), incrementando los niveles de proteínas de choque térmico HSP70 (Dat *et al.*, 1998; Cronjé y Bornman, 1999; Cronjé *et al.*, 2004). Aquello concuerda con lo expuesto por Dat *et al.*, (2005), quienes observaron que la aplicación exógena de bajas concentraciones de ácido salicílico (10 μmol) estimularían la termotolerancia celular, no así altas concentraciones (100 μmol), que no generarían este efecto. Del mismo modo, Shi *et al.*, (2006) logró mediante la aplicación de SA mejorar la tolerancia en plántulas de pepino.

Lo anterior se puede corroborar en este ensayo, en el tratamiento SA25 al observar los valores en F1, F4 y F5 los cuales fueron prácticamente los mismos, 0,0011 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aproximadamente. Sin embargo, sería una buena opción estudiar más a fondo el efecto genético que conlleva esta respuesta, ya que es evidente los estímulos ambientales en las plantas se producen por un mecanismo que integran señales internas y externas (Stepanova y Alonso, 2005). Además, que las respuestas pueden ser tanto transitorias como también involucrar cambios en la expresión génica de las plantas (Ávila *et al.*, 2008).

Conductancia

En relación con los valores de la conductancia estomática obtenidos, se observan diferencias estadísticamente significativas solo en F2. En general los valores fueron disminuyendo constantemente, lo que se expresa a través del efecto de cierre estomático, el cual genera una disminución de la conductancia.

En cuanto a los tratamientos de fitohormonas, no se observó la acción de estas en F3 y F5 ya que los valores fueron menores en comparación con las fechas anteriores cuando no se

realizaron aplicaciones. Pero en F6 se observó la acción hormonal, lo que pudo deberse a que en esta fecha se presentó la condición menos estresante del ensayo, y además se aplicó una reposición hídrica del 100%, como se señaló anteriormente, se dispuso de un mayor período entre mediciones (F5: 29 octubre, F6: 11 noviembre).

Si bien el tratamiento correspondiente a ABA100 fue el que presentó el valor más alto con 0,152 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en F6, todos los valores observados fueron inferiores, siendo los más bajos en comparación con los otros tratamientos en todas las fechas anteriores. Sin embargo, este valor alto de ABA en F6, se debe a lo que se dijo anteriormente en el ACP, que ABA era el único tratamiento que en esa fecha poseía hojas funcionales, a comparación de las hojas de los otros tratamientos que estaban tan dañadas que no eran capaces de responder en F6.

Asimilación

En relación con los datos de la variable de asimilación neta, se observó que F3 fue la única fecha donde se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Por otra parte, debido a la alta correlación existente entre las variables de intercambio gaseoso, transpiración, conductancia y asimilación, el cierre estomático disminuyó las dos primeras fechas y por consecuencia también lo hizo la asimilación de CO_2 (Gurovich, 2002). Al respecto, se esperaba que en el presente ensayo los valores más altos de asimilación fueran observados en condiciones ambientales más favorables. Esto se corroboró parcialmente en los resultados de este ensayo, debido a que en general los valores más altos se registraron en los tratamientos correspondientes a F1, condición en que las plantas no se vieron sometidas a ningún tipo de estrés, siendo JAS50 el mayor con 3,47 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), el cual también obtuvo valores comparativamente altos en las otras dos variables mencionadas.

Lo anterior, concuerda con los resultados observados en el ACP, ya que se obtiene una correlación positiva entre las 3 variables mencionadas anteriormente, pudiéndose registrar los únicos dos valores negativos que se presentaron, siendo estos tratamientos el Control y ABA100, con -0,08 y -0,12 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) respectivamente, los que obtuvieron también los valores más bajos en la variable conductancia, con 0,007 y 0,008 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). El resultado de estos valores obtenidos negativos, sugiere que al estar expuestas a un nivel tan alto de estrés como lo fue F4 y F6, las plantas cerraron totalmente sus estomas, de tal forma que no hubo asimilación.

En cuanto al efecto de los tratamientos con aplicaciones de fitohormonas, en el ABA100, se observa que al comparar los valores de F2 con F3 y F4 con F5 (F3 y F5 con aplicación), los valores de las fechas que tuvieron aplicación fueron menores en relación con las fechas

anteriores (sin aplicación). Al respecto, se observó que este tratamiento no tuvo un efecto positivo sobre la asimilación, y por ende tampoco en el resto de las variables analizadas. Al respecto, Yin *et al.*, (2004) obtuvieron resultados similares, donde la aplicación de ABA exógena mediante pulverización en especies de álamos sometidas a condiciones de estrés hídrico, se vio afectada la tasa de intercambio de gases, produciendo una disminución en la fotosíntesis neta, transpiración y conductancia estomática. Del mismo modo, Franks y Farquhar (2001) reportaron que aplicaciones exógenas de ABA en *Tradescantia virginiana* bajo estrés hídrico, no mostró efecto significativo sobre la capacidad fotosintética, obteniendo valores similares de asimilación neta a las plantas control.

Por otra parte, los dos tratamientos restantes, SA25 y JAS50 presentaron un efecto positivo posterior a la aplicación, los cuales fueron registrados durante F2 (sin aplicación) y F3 (con aplicación). Del mismo modo se observó este efecto en F5 y F6, donde este último presentó valores relativamente altos, lo cuales podrían ser explicados por la condición de estrés moderado a la que fueron sometidas las plantas (45°C-100% HR), junto con el mayor periodo de recuperación entre mediciones. Lobato *et al.*, 2021 obtuvo resultados similares respecto a SA25, ya que la aplicación de SA en plantas de tomate sometidas a condiciones de estrés hídrico, mejoró la tasa fotosintética neta y las otras variables de intercambio gaseoso, conductancia y transpiración a comparación con los tratamientos sin aplicación.

Finalmente, se puede mencionar que esta variable es importante del punto de vista mencionado anteriormente en el ACP, en la cual se plantea como buena estrategia buscar el mejor tratamiento observado en función de mantener estable la tasa de asimilación a pesar de estar sometidas a condiciones de estrés. Así, al observar los valores de asimilación de SA25, es el tratamiento que mantiene los valores más estables, fluctuando entre 0,83 y 3,36 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

NDVI

En los resultados obtenidos respecto a la variable de NDVI, se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos durante F4.

López (2014), afirma que plantas sometidas a condiciones de estrés, el valor de NDVI es menor en comparación de una planta sana creciendo en óptimas condiciones ambientales. Lo anterior debido a que, en condiciones de estrés, la regulación del intercambio gaseoso a través de los estomas, en general desencadena una disminución de la tasa transpiratoria de la planta, limitando la capacidad fotosintética de las hojas debido a una menor asimilación (Schmidt, 2017).

La evaluación de NDVI concuerda de manera clara con lo descrito anteriormente, debido a que en general, los valores disminuyen a medida que las fechas de medición van avanzando, lo cual visualmente se vio esta diferencia significativa de la expresión vegetativa en las primeras fechas a comparación a como se encontraban al finalizar el ensayo (Ver figura 7.2 del ANEXO). Esta disminución se relaciona con todos los parámetros antes analizados, ya que la expresión vegetativa se ve fuertemente afectada por condiciones de estrés de planta. El control fue el tratamiento que presentó los valores más bajos con 0,08 en F6. Este resultado concuerda con lo observado en el ACP descrito anteriormente, en donde el tratamiento control se ubicó en una posición opuesta a la variable de NDVI.

Por lo tanto, se podría decir que el NDVI refleja el estado en que se encuentra la planta. Este resultado concuerda con los de Blanco *et al.*, (2020) donde buscaron estimar el estado hídrico y el rendimiento en cerezos dulces mediante modelos predictivos con indicadores remotos, siendo NDVI la herramienta que permitió identificar plantas de cerezo en condición de estrés hídrico.

Respecto a la aplicación de fitohormonas se observó que el tratamiento con ABA100, presentó los valores más altos de NDVI, siendo la fecha 3 la que alcanzó el mayor valor de 0,335 (ver figura 4.2). Además, ABA, al igual que SA, también generaron en las plantas cierta termo tolerancia, debido a que está involucrada rutas bioquímicas consideradas como esenciales para la sobrevivencia en condiciones de desecación inducidas por altas temperaturas (Gong *et al.*, 1998; Barnabás *et al.*, 2008).

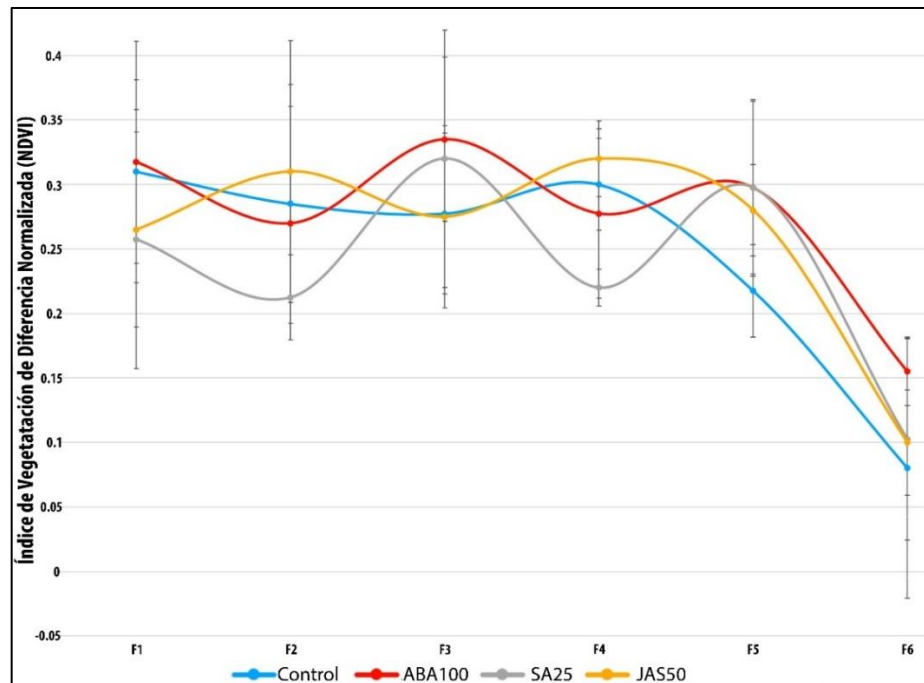


Figura 4.2. Evolución de la variable NDVI para cada uno de los tratamientos desde F1 hasta F6.

V. CONCLUSIONES

En general no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se registra un efecto positivo en las aplicaciones de fitohormonas, las cuales permitirían que las plantas logren soportar de mejor manera periodos cortos de estrés (de moderado a fuerte), viéndose reflejado en la respuesta fisiológica según el tipo y concentración utilizada.

ABA100 desencadenaría un cierre estomático prematuro y eficiente, disminuyendo la tasa de intercambio gaseoso, pero manteniendo a las plantas con una buena expresión vegetativa (altos valores de NDVI), lo cual sería beneficioso en condiciones de estrés hídrico severo. Esto podría ser una solución interesante para condiciones ambientales extremas con olas de calor sobre los 35°C durante 3-4 días . Estas condiciones están siendo cada vez más recurrentes y se prevé que las temperaturas a futuro podrían bordear los 40°C durante el período de mayor demanda climática en verano.

SA25 permitiría mantener una tasa de intercambio gaseoso estable en el tiempo, obteniendo los valores más altos de asimilación, lo que permitiría que las plantas sigan fotosintetizando a pesar de estar sometidas a condiciones de alto estrés ambiental. En condiciones de campo lograría que las plantas sigan desarrollándose, creciendo, y por ende seguir produciendo fruta.

Por su parte, JAS50 se encontraría en una posición intermedia en comparación con ABA100 y SA25.

Como futura investigación sería interesante poder evaluar el ensayo durante periodos más largos de estrés y en condiciones reales de campo, de tal manera que se pueda evidenciar y corroborar los mismos resultados observados en la cámara de crecimiento controlado. Asimismo, sería muy interesante poder incluir evaluaciones a nivel genético de la planta, realizando además un fenotipo completo de la planta (yemas, raíces, tamaño y textura de hojas, etc).

VI. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdala, G., Castro, G., Miersch, O. and Pearce, D. 2000. Changes in jasmonate and gibberellins levels during development of potato plants (*Solanum tuberosum*). *Plant Growth Regul* 36: 121-126.

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Ojeda, H., Ortega-Fariñas, S., Guillaume, S., 2008. Is it possible to assess the spatial variability of vine water status? *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 42, 203–219.

Adamsen, F., Pinter, P., Barnes, E., Lamorte, R., Wall, G., Leavitt, S. and Kimball, B. 1999. Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop Science.* 39: 719-724.

Acevedo-Opazo, C., Ortega-Fariñas, S. y Fuentes, S. (2010): Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management.* 97(7): 956-964.

Alcantara, J., Godoy, A., Alcántara, J. y Sánchez, R. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA* 17 (32): 109-129.

Aliaga, O. 2017. Cerezos: escenario actual, desafíos y calidad de fruta. *Boletín Técnico* no. 17. Volumen 17. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 17 p. [En línea] Recuperado en: <http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2018/01/Bolet%C3%ADn_T%C3%A9cnico_2017_1.pdf>. Consultado el 13 de mayo de 2021.

Altúzar, A. 2008. Efecto del ácido salicílico y del jasmonato de metilo en la vía de transducción de señales a través de fosfolípidos en células en suspensión de *Capsicum chinense* Jacq. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias. Yucatán, México. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C, 74 p.

Anwar, S., Iqbal, M., Raza, SH and Iqbal, N. 2013 Efficacy of seed preconditioning with salicylic and ascorbic acid in increasing vigor of rice (*Oyza sativa* L) seedling. *Pakistan Journal of Botany* 45(1):157-162.

Arriaga, I. 2020. Caracterización fenológica, reproductiva y de calidad de fruta de distintas variedades de cerezo (*Prunus avium* L.) en la zona central de Chile. Tesis para optar al Título de Magíster en fisiología y producción vegetal, Santiago, Chile. Facultad de agronomía e

ingeniería forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 107 p.

Arribillaga, D. 2002. Antecedentes técnicos del cultivo del cerezo en Aysén (*Prunus avium* L.). Boletín Técnico no. 78. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Coyhaique, Chile. 50 p. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7818/NR28582.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 17 de mayo de 2021.

Atkinson, N.J. and Urwin, P.E. 2012. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *J Exp Bot*, 63: 3523-3543.

Asociación de Exportadores de Frutas de Chile (ASOEX). 2020. Temporada 2020-2021: Cerezas chilenas comprometidas con entregar mayor calidad, inocuidad y seguridad a sus consumidores. Recuperado en: <https://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/846-temporada-2020-2021-cerezas-chilenas-comprometidas-con-entregar-mayor-calidad-inocuidad-y-seguridad-a-sus-consumidores.html>. Consultado el 17 de abril de 2021.

Ávila, C., Atienza, S., Moreno, M. and Cubero, J. 2008. La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal. *Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía*. 361-390.

Barnabás, B., Jäger K. and Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environ*. 31:11-38.

Barros, F. 2021. Balance temporada de cerezas 2020/2021. Boletín Técnico no. 115. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 11 p. [En línea] Recuperado en: <<http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2021/04/115.-Balance-temporada-de-cerezas-2020-2021.-Francisca-Barros.-Enero-2021.pdf>>. Consultado el 14 de mayo de 2021.

Berni, J., Zarco, P., Sepulcre., 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). *Consejo superior de investigaciones científicas*: 25-28.

Blanco, V., Blaya, P., Castillo, C., Soto, F., Torres, R. and Domingo, R. 2020. Potential of UAS-Based Remote Sensing for Estimating Tree Water Status and Yield in Sweet Cherry Trees *Remote Sensing* 12(15):2359.

Bray, E., Bayley-Serres, J. and Weretilnyk, E. 2000. Responses to abiotic stresses in: *Biochemistry and molecular biology of plants*. American of Plant Physiologists: 1158-1249.

Cachi, A., Wunsch, A., NegueroleS, J. y Rodrigo, J. 2015. Necesidades de polinización en variedades de cerezo. *Revista de Fruticultura*, 39: 6–11.

Candant, A., Raffo, D., Gomila, T. y Colodner, A. 2017. Pautas para el mantenimiento de la calidad de cerezas frescas. Primera edición. Ediciones Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle, Río Negro, Argentina. 42 p.

Calatayud, P. 2010. Compuestos fenólicos y flavonoides como marcadores bioquímicos de la respuesta a estrés abiótico en plantas tolerantes. Tesis para optar al Título de licenciado en Ciencias Ambientales, Gandía, España. Escuela Politécnica Superior de Gandia, Universidad Politécnica de Valencia, 97 p.

Carrasco, J. 2017. Respuesta al estrés hídrico en plantas mediterráneas. Perspectiva frente al cambio climático. Trabajo fin de grado optar al Título Grado en Farmacia, Madrid, España. Facultad de farmacia, Universidad Complutense, 20 p.

Cazanga, R., Leiva, C., Von, E., Quiñones, X., Fredes, C., Hernández, J., Norambuena, P., Varas, F. y Retamal, M. (2013). Antecedentes técnicos y económicos para la producción de Cerezo en la Región del Maule. CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales. [En línea] Recuperado

en:<<http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/2178/PC17213.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 17 de mayo de 2021.

Chaves, M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J., Santos, T., Regalado, A., Rodrigues, M. and Lopes, C. 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105: 661-676.

Chávez, L., Álvarez, A. y Ramírez, R. 2012. Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos tropicales*, 33: 47-56.

Choné, X., Tregoat, O., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., 2000. Vine water deficit: among the 3 applications of pressure chamber, stem water potential is the most sensitive indicator. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 34, 169–176.

Choné, X., Van Leeuwen, C., Chéry, P., Ribereau-Gayon, P., 2001. Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated cabernet sauvignon (*Vitis vinifera*) vegetative development, must and wine composition (example of a Medoc top Estate vineyard, Saint Julien Area, Bordeaux, 1997). *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 22, 8–15.

Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H., Flexas, J., 2005. Physiological tools for irrigations scheduling in grapevines (*Vitis vinifera* L.). An open gate improve water-use efficiency? *Agric. Ecosyst. Environ.* 106, 159–170

Correa, M. 2019. Una mirada al manejo del cerezo. Boletín Técnico no. 109. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 22 p. [En línea] Recuperado en: <<http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2020/01/109.-Una-mirada-al-manejo-del-cerezo.-M.-Correa.-Dic.-2019.pdf>>. Consultado el 14 de mayo de 2021.

Creelman, R., and Mullet, J. Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic stress. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 92, p. 4114-4119.

Coego, G. 2006. Análisis funcional del gen Ep5C y su implicación en los mecanismos de defensa en plantas. Tesis para optar al título de Doctor ingeniero agrónomo. Departamento de biotecnología, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 161 p.

Concha, C., Figueroa, N., Poblete, L., Oñate, F., Schwat, W. and Figueroa, C. 2013. Methyl jasmonate treatment induces changes in fruit ripening by modifying the expression of several ripening genes in *Fragaria chiloensis* fruit. *Plant Physiology and Biochemistry* 70: 433-444.

Coquoz, J., Buchala, A. and Metraux, J. 1998. Biosynthesis of salicylic acid in potato plants. *Plant physiology* 117: 1095-1101.

Cordeiro, L. 2003. Caracterización morfológica, isoenzimática y molecular de variedades de cerezo (*Prunus avium* L.) y de guindo (*Prunus cerasus* L.) portuguesas. Tesis para optar al Título de Doctor Agrónomo. Madrid, España. Escuela técnica superior ingenieros agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, 194 p.

Cronjé, M., Weir, I. and Bornman, L. 2004. Salicylic acid mediated potentiation of Hsp70 induction correlates with reduced apoptosis in tobacco protoplasts. *Cytometry* 61A:76-87.

Dat, J., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. and Scott I. 1998. Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiol.* 116: 1351-1357.

Díaz, L. 2012. Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* Vol 10 No. 2: 257-267.

Dirección General de Promoción de Exportaciones (ProChile). 2017. PMP, estudio de mercado. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/09/pmp_cerezas_hong_kong_2017.pdf>. Consultado el 13 de mayo de 2021.

Donoso, J., Bastías, R., Lemus, G. y Silva, L. 2005. Comportamiento fenológico del cerezo (*Prunus avium* L.) en tres localidades de la VI región. Boletín informativo no. 8. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. 8 p. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4166/NR34355.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 13 de mayo de 2021.

Donoso, J., Lemus, G., Muñoz, C. y Desmartis, D. 2012. Consideraciones para optimizar la polinización en Huertos de Cerezo (*Prunus avium* L.). Serie Documental no.92. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Tierra Adentro, Chile. 4 p. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/5196/NR37693.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 21 de mayo de 2021.

Donoso, J. 2018. Mejoramiento genético del cerezo en Chile, Boletín técnico no.18. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca, Talca, Chile. 16 p. [En línea] Recuperado en: <<http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2019/03/Bolet%C3%ADn-T%C3%A9cnico-Diciembre-2018.pdf>>. Consultado el 16 de abril de 2021.

Dussi, M. C. 2007. Intercepción y distribución lumínica en agroecosistemas frutícolas. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento: 200-241.

Ellena D. 2006. Cultivo del cerezo para la zona sur de Chile. Boletín Técnico no. 135. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 195 p. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7092/NR33858.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 14 de mayo de 2021.

Ellena D. 2012. Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce. Boletín Técnico no. 247. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 201 p. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7092/NR33858.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 14 de mayo de 2021.

Ellena D. 2012. Momentos cíclicos del cerezo dulce. Boletín Técnico no. 247. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 201 p. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7504/NR38443.pdf?sequence=1&isAllowed=>>>. Consultado el 14 de mayo de 2021.

Espinosa, P. 2015. Conduciendo los cerezos para una mayor competitividad. Revista Frutícola 37, no. 32: 20-28.

Fadón, E., Sallán, C., Andreu, J. y Rodrigo, J. 2017. Variedades autocompatibles de cerezo. Revista de Fruticultura, 53: 24–31.

Farmer, E. and Ryan, C. 1990. Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87: 7713- 7716.

Farmer, E., Almeras, E. and Krishnamurthy, V. 2003. Jasmonates and related oxylipins in plant responses to pathogenesis and herbivory. Current Opinion in Plant Biology 6:372-378.

Finkelstein, R., Gampala, S, and Rock, C. 2002. Abscisic acid signaling in seeds and seedlings. Plant Cell. 14: 15-45.

Finkelsteina, R. and Rock, C. 2002. Abscisic acid biosynthesis and response. The Arabidopsis Book. In: American Society of Plant Biologists. Vol. 45: 1–48.

Fischer, G. y Orduz J. 2012. Ecofisiología en frutales. Manual para el cultivo de frutales en el trópico: 52-72.

Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G. and Sharkey, T. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. Plant Biology. 6(3): 269-279.

Fundación para la Innovación Agraria (FIA). 2008. Resultados y Lecciones en Cultivo de Cerezos en Malleco Proyectos de Innovación en Secano interior de Malleco, IX Región de la Araucanía. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <

https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75527_archivo_01.pdf>. Consultado el 20 de mayo de 2021.

Gao, L. y Mazza, G. 1995. Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries. *Agric Food Chem.* 43: 343-346.

García, F. 2010. Análisis de diversos factores biológicos que influyen en el proceso de floración, producción y calidad del fruto en variedades de cerezo (*Prunus avium* L.) cultivadas en la Región de Murcia. Orihuela, España, Centro de edafología y biología aplicada del segura, Universidad Miguel Hernández. 212 p.

García, J. 2012. Inductores de tolerancia al estrés biótico y abiótico en plantas de tomate. Tesis para optar al Título de ingeniero agrónomo en horticultura, Saltillo, México. Departamento de Horticultura, Universidad autónoma agraria Antonio Narro, 74 p.

Gay, Claudio. 1865. Historia Física y política de Chile. Tomo II, Agricultura. Museo de Historia Natural de Santiago.

García, T., Pablo, J. y Giacinti, M. 2019. Competitividad internacional de la cereza. *Fruticultura, Especial*: 118-139.

García, J., Lezzoni, A., Putawska, J., and Lang, G. 2017. Cherries: Botany, production and uses. Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). Boston, USA. 533 p.

Gella, R. y Rodrigo, J. 2003. Tendencias en la poda de frutales: el cerezo. *Industria Hortícola* no. 167. Fiscalía del Medio Ambiente. Zaragoza, España. 10 p. [En línea] Recuperado en:< https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort%2FHort_2003_167_14_23.pdf>. Consultado el 17 de mayo de 2021.

Giraudat, J., Parcy, F., Bertauche, N., Gosti, F., Leung, J., Morris, P.C., Bouvier-Durant, M., and Vartanian N. 1994. Current advances in abscisic acid action and signalling. *Plant Molecular Biology.* 26: 1557- 1577.

Girona, J., Mata, A.M., Del Campo, J., Arbone, A., Bartra, E., Marsal, J., 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.* 24, 115–117.

Gong, M., Li, Y. and Chen, S. 1998. Abscisic acid-induced thermotolerance in maize seedlings is mediated by calcium and associated with antioxidant systems. *Journal of Plant Physiology*. 153:488-496.

Gurovich, L. 2002. Calidad de la uva de mesa con incrementos artificiales de la salinidad del agua de riego. [En línea] Recuperado en: < www.faiif.puc.cl/postgrado/cienciaeinv/pdf/enero%2002/131-134.pdf>. Consultado el 10 de marzo 2022.

Hayat, Q., Hayat, S., Alyemeni, M. and Ahmad, A. 2012. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. *Plant soil environ* no. 58(9): 417-423.

Hidalgo, D., y Arribillaga D. 2013. Manejo de pre y post cosecha del cultivo del cerezo (*Prunus avium* L.). Boletín Técnico no. 265. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile Chico, Chile. 47 p. [En línea] Recuperado en: < <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7602/NR39022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 14 de mayo de 2021.

Horváth, E., Pál, M., Szalai, G., Páldi, E. and Janda, T. 2007. Exogenous 4-hydroxybenzoic acid and salicylic acid modulate the effect of short-term drought and freezing stress on wheat plants. *Biologia Plantarum*.51, 480–487.

Inman, D., Khosla, R. and Mayfield, T. 2005. On-the-go active remote sensing for efficient crop nitrogen management. *Sensor Review* 25(3):209-214.

Hu, W., Zhang, J., Wu, Z., Loka, D., Zhao, W., Chen, B., Wnag, Y., Meng, Y., Zhou, Z. and Gao, L. 2022. Effects of single and combined exogenous application of abscisic acid and melatonin on cotton carbohydrate metabolism and yield under drought stress. *Industrial Crops and Products*. 176: 114302.

Jordan, M. and Casaretto, J. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico En Fisiología vegetal. eds. Squeo F.A. y L. Cardemil Ediciones Universidad de La Serena. Cap 16.

Janda, T., Szalai, G. y Pal, M. 2020. Salicylic Acid Signalling in Plants. *Int. J. Mol. Sci.*, 21, 2655.

Karishma, S., Arya, M., Reshma, U., Anaswara, S. and Thampi, S. 2019. Impact of plant growth

regulators on fruit production. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 8(2):800-14.

Kotak, S., Larkindale, J., Lee, U., VonKoskull, P., Vierling, E. and Scharf K. 2007. Complexity of the heat stress response in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 10:310-316.

Kraub, N. 2003. Mechanisms for photosystems I y II. *Current Opinion in Chemical Biology* 7: 540-550.

Kumar, R. and Silva, L. 1973. Light ray tracing through a leaf cross- section. *Applied Optics*. 12: 2950-2954.

Labra, E., Hirzel, J. y Astudillo, O. 2004. Fruticultura: Renovación de huertos de cerezos. Boletín INIA n° 113. Instituto de investigaciones agropecuarias, Chile. p. 82. [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7002/NR31620.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 30 de mayo de 2021.

Lan, Y., Zhang, H., Lacey, R., Hoffmann, WC. And Wu, W. 2009. Development of an integrated sensor and instrumentation system for measuring crop conditions. *Agricultural Engineering International, The CIGR E-Journal*. 11:1-16.

Long, L., Lang, G., Musacchi, S. and Whiting, M. 2015. Cherry Training System. A Pacific Northwest Extension Publication, PNW 667: 1–63.

Laredo, E., Martínez, J., Iliná, A., Guillen, L. y Hernández, F. 2017. Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. *Ciencias agrícolas*, 8:673-683.

Larqué, A., Martín, R., Nnexticapán, A., Vergara, S. y Gutiérrez, M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 183-187.

Lemus, G. 2005. El cultivo del cerezo. Boletín Técnico no. 13. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 251 p. [En línea] Recuperado en: <https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/Manual-produccion-El-cultivo-del-cerezo.pdf>. Consultado el 13 de mayo de 2021.

Leung, J., and Giraudat, J. 1998. Abscisic acid signal transduction. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 49: 199-222.

Lobato, A., Barbosa M., Alsahli, A., Lima, E. and Silva B. 2021. Exogenous salicylic acid alleviates the negative impacts on production components, biomass and gas exchange in tomato plants under water deficit improving redox status and anatomical responses. *Physiologia Plantarum*: 1–16.

Loewe, V., Pineda, G. y Delard, C. 2001. Cerezo común (*Prunus avium*). Una alternativa para producir madera de alto valor. Instituto Forestal (INFOR). 106 p.

López, P. 2014. Tendencia del índice de vegetación de diferencia normalizada para una zona del centro de México. Tesis para optar al Título de licenciado en Biología, Querétaro, México. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Ciencias Naturales, 50 p.

López, V. 2005. Respuestas fisiológicas en uva de mesa cultivar Crimson Seedless sometidas a déficit hídrico. Tesis para optar al título de Ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 69 p.

Ma, B., Dwyer, L., Costa, C., Cober, E. and Morrison, M. 2001. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. *Agronomy Journal*. 93: 1227-1234.

McCon, M., Creelman, R., Bell, E., Mullet, J. and Browse, J. 1997. Jasmonate is essential for insect defense in *Arabidopsis*. *Proceeding of National Academy of Sciences of the USA*. 94: 5473-5477.

MccCarty, D. 1995. Genetic control and integration of maturation and germination pathways in seed development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 46: 71-93.

Melotto, M., Underwood, W., Koczan, J., Nomura, K. and Yang, S. 2006. Plant Stomata Function in Innate Immunity against Bacterial Invasion. *Cell Press Journal*. 26: 969-980.

McCutchan, H.; Shackel, K. 1992. Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L.) cv. French. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 117: 607-11.

Medrano, H., Escalona, J., Bota, J., Gulías, J. and 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.

Méndez, M. 2019. evaluación de la transpiración en la variedad de la planta dulcético (*Capsicum annuum*) en condiciones de ambiente protegido, en Cartago Costa Rica. Informe de Trabajo Final de Graduación optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola. Escuela de ingeniería agrícola, Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 176 p.

Miura, K. and Tada, Y. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science* 5(4):4.

Monteoliva, M., Bustos, D. y Luna, C. 2019. Abordajes fisiológicos para el estudio del estrés abiótico en plantas: disertaciones y protocolos. Ediciones INTA. 89 p.

Montoliu, A. 2010. Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Tesis para optar al grado de Doctora Ingeniera Agrónoma, Castellón de la Plana, España. Departamento de ciencias agrarias, Universitat Jaume, 213 p.

Moya, J. y Fernández, J. 1984. Influencia de la apertura estomática sobre la actividad fotosintética de las hojas de plantas de judías. *Junta de energía nuclear, J.E.N 564: 0081-3397*.

Nambara, E. and A Marion-Poll, A. 2005. Abscisic acid biosynthesis and catabolism. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 56: 165-185.

Nazar, R., Umar, S., Khan, NA. and Sareer, O. 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South African J Bot* 98:84– 94.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2022. Boletín frutícola, avance febrero 2022. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <<https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-marzo-2022>>. Consultado el 1 de abril de 2022.

Oficinas de estudios y políticas agrarias (ODEPA). 2021. Ficha Nacional, marzo 2021. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en:<<https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>>. Consultado el 17

de abril de 2021.

Oficinas de estudios y políticas agrarias (ODEPA). 2021. Cerezas: fruta en expansión, marzo 2021. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/Cerezas2015.pdf>>. Consultado el 13 de mayo de 2021.

Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., Deloire, A., 2002. Influence of preand postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* 53, 261–267.

Palma, F., López-Gómez, M., Tejera, NA and Lluch, C. 2013. Salicylic acid improves the salinity tolerance of *Medicago sativa* in symbiosis with *Sinorhizobium meliloti* by preventing nitrogen fixation inhibition. *Plant Science* 208: 75–82.

Pan, X., Welti, R. and Wang, X. 2008. Simultaneous quantification of major phytohormones and related compounds in crude plant extracts by liquid chromatography–electrospray tandem mass spectrometry. *Phytochemistry.* 69: 173–178.

Pita, P., Cañas, I., Soria, F., Ruiz, F. and Toval, G. 2005. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. *Agricultural Research - Forest Systems and Resources* 14: 383-393.

Potter, W., Sepúlveda, R. y Allende, M. 2013. Los días grados y su importancia en la obtención de productos hortícolas primores de contra estación, en la Región de Arica y Parinacota. Boletín informativo no. 97. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Arica, Chile. 4 p. [En línea] Recuperado en:<<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4608/NR40414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 20 de mayo de 2021.

Prash, C. and Sonnewald, U. 2015. Signaling events in plants: Stress factors in combination change the picture. *Environmental and Experimental Botany.* 114: 4-14.

Ramírez, R. 2012. Efecto del Ácido Salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var *forhook*). Tesis para optar al título de Ingeniero en acrobiología. Departamento de botánica, Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 69 p.

Ranguel, S., Castro, M., Beltrán, E., Reyes, H. y García, E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas* 12(2): 90-95.

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

Reginato, G. 2009. La replantación de frutales, ensayos controlados en Chile. Serie ciencias agronómicas no.13. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 120 p.

Reyes, A. 2020. Comercio silvoagropecuario entre China y Chile en 50 años de relaciones diplomáticas. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. ODEPA Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). [En línea] Recuperado en: <https://chilealimentos.com/wp-content/uploads/2021/01/ArtComExChina2021.pdf>. Consultado el 17 de abril de 2021.

Roa, J. 2010. Mecanismos de defensa inducibles de las plantas frente a Fitopatógenos. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Temuco, Chile. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de la Frontera, 73 p.

Rodrigo, J., Negueroles, J. y Wünsch, A. 2019. La elección de variedades polinizadoras en cerezo. *Revista de Fruticultura Especial 2019 Cerezo*: 68-71.

Rojo, E., Solano, R. and Sanchez, J. 2003. Interactions between signaling compounds involved in plant defense. *J. Plant Growth Reg.* 22:82-98.

Sah, S., Reddy K, and Li, J. 2016. Abscisic acid and abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Sci.* 7:571.

Sánchez, P., Jiménez, L., Junquera, P. y Lissarrague, J. 2009. Efectos de la temperatura foliar y de la humedad relativa en la respuesta fotosintética a la luz de las hojas de vid de los cvs. Cabernet Sauvignon y Tempranillo, en el período de maduración. *Revista Enología* 1: 1-9.

Sánchez, F. 2008. Jasmonatos: compuestos de alto valor para la agricultura. Parte I. Actividad biológica y ruta biosintética del ácido jasmónico en plantas ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XLII, n. 1-3, 51-59.

Sariñana, O. 2019. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad de tomate. Tesis para optar al grado de Maestro en ciencias en suelos. Tecnológico nacional de México, Instituto tecnológico de Torreón. Torreón, México. 103 p.

Sauter, A, Davies, W. and Hartung, W. 2001. The long-distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot. *Journal of Experimental Botany*. 52: 1991-1997.

Schilmiller, A. and Howe, G. 2005. Systemic signaling in the wound response. *Current Opinion in plant*. 8: 369-377.

Schmidt, C. 2017. Efecto de distintos niveles de riego sobre la conductividad hidráulica en vides isohídricas y anisohídricas. Tesis para optar al título de Ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 59 p.

Sellers, P. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. *International Journal of Remote Sensing* 6:1335-1372.

Selles, G. y Ferreyra, R. 2006. Sistema de monitoreo de planta. Chillán: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 145. [En línea] Recuperado en: <<https://hdl.handle.net/20.500.14001/7138>>. Consultado el 3 de marzo 2022.

Sepúlveda, A., Lepe, v. y Yuri, J. 2021. Requerimientos de frío en frutales. Boletín Técnico no. 4. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca, Chile. 6 p. [En línea] Recuperado en: <<http://static.elmercurio.cl/Documentos/Campo/2012/08/21/20120821163040.pdf>>. Consultado el 10 de junio de 2021.

Serri, H. y Ocampo, J. 2005. Bases para el desarrollo eficaz del cerezo en Chile. Informe técnico proyecto FIA. Concepción, Chile. 277 p.

Shackel, K., 2007. Water relations of woody perennial species. *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 41, 121–130.

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regul.* 48:127-135.

Scholander, P., Hamel, H., Hemmingsen, E. and Bradstreet, E. (1965): Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of Mangrove and some others plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 51:119-225 p.

Snyman, M. and Cronjé, M. 2008. Modulation of heat shock factors accompanies salicylic acid-mediated potentiation of Hsp70 in tomato seedlings. *Journal of Experimental Botany*. 59:2125-2132.

Sibille, I., Ojeda, H., Prieto, J., Maldonado, S., Lacapere, J.-N., Carbonneau, A., 2007. Relation between the values of three pressure chamber modalities (midday leaf, midday stem and predawn water potential) of 4 grapevine cultivars in drought situation of the southern of France. Applications for the irrigation control. In: *Proceedings of XVth Conference GESCO, Porec, Croatia*, pp. 685–695.

Song, L., Assmann, S. and Albert, R. 2006. Predicting essential components of signal transduction networks: A dynamic model of guard cell abscisic acid signaling. *PLoS Biology*. 4(10): 1732-1748.

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

Stepanova, A. and Alonso, J. 2005. Ethylene signalling and response pathway: a unique signaling cascade with a multiple of inputs and outputs. *Physiologia Plant*. 123, 195-206.

Steudle, E. (2001): The cohesion-tension mechanism and the acquisition of water by plant roots. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52: 847-875 p.

Taiz, L. and Zeiger, E. 1998. *Plant physiology*. Second edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland. 792 p.

Tambussi, A. 2004. Fotosíntesis, foto protección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio. Memoria para optar al grado de Doctor en Biología, Barcelona, España. Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, 59 p.

Tisseyre, B., Ojeda, H., Carrillo, N., Deis, L., Heywang, M., 2005. Precision viticulture and water status, mapping the predawn water potential to define within vineyard zones. In: Shultz, H.R. (Ed.), *Proceedings of 14th GESCO Congress, Geisenheim, Germany: Groupe d'Etudes des Systèmes de Conduite de la Vigne*, pp. 23–27.

Tucuch, C., Álcantar, G., y Larqué, A. 2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. *Tierra Latinoamericana* 33: 63-68.

Uzunova AN, Popova LP. 2000. Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. *Photosynthetica* 38, 243–250.

Varela, S. 2010. Aspectos básicos de la fisiología en respuesta a estrés y el clima como condicionante del mismo en las plantas. Comunicación Técnica N° 78. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria. p. 24. [En línea] Recuperado en: <<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Aspectosb%C3%A1sicosfisiolog%C3%ADarespuestaestr%C3%A9s..pdf>>. Consultado el 30 de mayo de 2021.

Vishwakarma, K., Upadhyay, N., Kumar, N., Yadav, G., Singh, J., Mishra, R., Kumar, V., Verma, R., Upadhyay, R., Pandey, M. and Sharma, Shivesh. 2017. Abscisic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: A review on current knowledge and future perspectives. *Plant Sci.* 8:161.

Winz, R., and Baldwin, I. 2001. Molecular interactions between the specialist herbivore *Manduca sexta* (Lepidoptera, Sphingidae) and its natural host *Nicotiana attenuata*. IV. Insect-induced ethylene reduced jasmonate-induced nicotine accumulation by regulating putrescine N-methyltransferase transcripts. *Plant Physiol.* 125: 2189-2202.

Yin, C., Duan, D., Wang, X. and Li, C. 2004. Morphological and physiological responses of two contrasting Poplar species to drought stress and exogenous abscisic acid application. *Plant Science.* 167: 1091–1097.

Yhan, G., Ying, Y. Xiao, H., Yu, C. and Jian, W. 2013. Imaging of jasmonic acid binding sites in tissue. *Analy. Biochem.* 440: 205-211.

Yoon, T. and Ritcher, H. 1990. Seasonal changes in stomatal responses of sweet cherry and plum to water status in detached leaves. *Physiologia Plantarum.* 80(4): 520-526.

Yuri, J., Sánchez, J., Palma, M. y Sepúlveda, Á. 2019. El cerezo en Chile y los desafíos de la producción bajo cubierta anti-luvia, Artículo técnico. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca, Talca, Chile. 14 p. [En línea] Recuperado en: <<http://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2020/11/Articulo-Cerezo-Rev.-de-Frut..pdf>>. Consultado el 16 de abril de 2021.

Zhang, X., Zhang, X, Liu, X., Shao, X., Sun, H. and Chen, S. 2016. Improving Winter Wheat Performance by Foliar Spray of ABA and FA Under Water Deficit Conditions. *Journal of Plant Growth Regulation.* 35: 83-96.

VII. ANEXOS

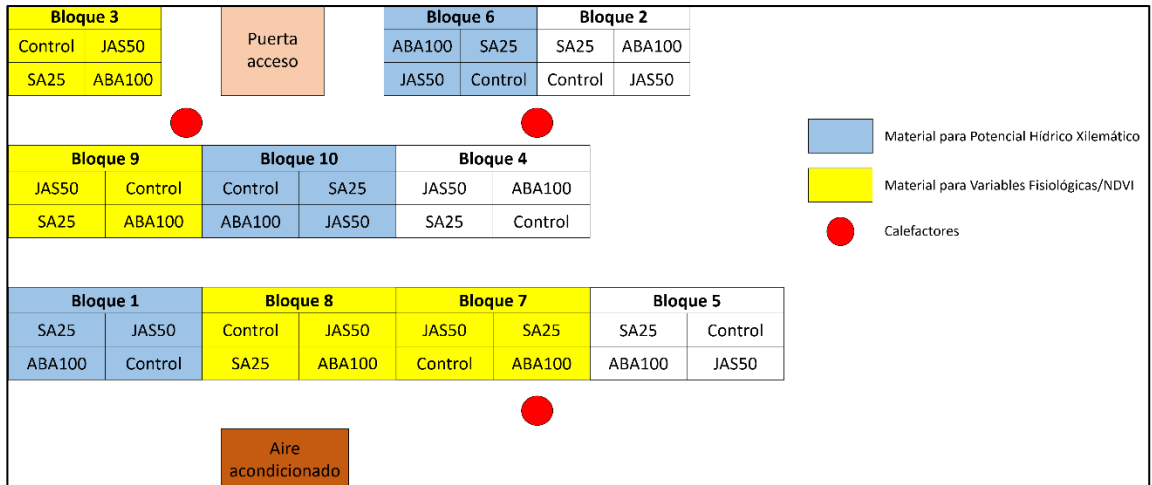


Figura 7.1. Distribución bloques del ensayo en cámara de crecimiento.

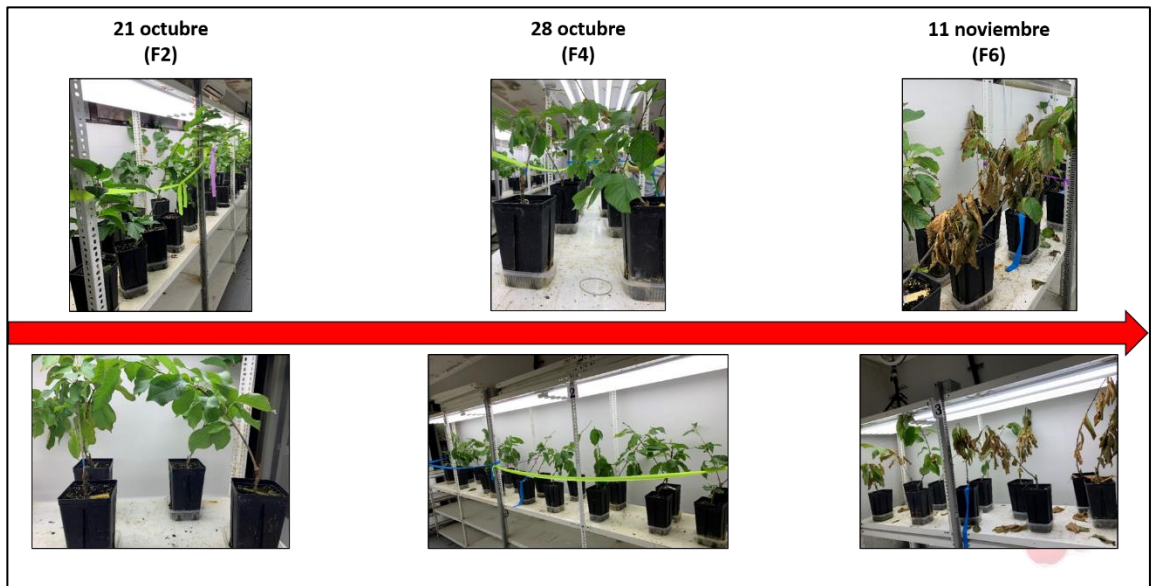


Figura 7.2. Evolución de la expresión vegetativa de las plantas de cerezo en F2, F4 Y F6.