



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

Evaluación de bioestimulantes como herramienta de mitigación al estrés ambiental sobre las variables de estado hídrico e intercambio gaseoso en plantas de cerezo dulce (*Prunus avium* L.) cv. Santana.

**MEMORIA DE TÍTULO
FELIPE BENJAMIN IDRO MONTES**

TALCA, 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, 2023



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

**Evaluación de bioestimulantes como herramienta de mitigación al estrés ambiental sobre las variables de estado hídrico e intercambio gaseoso en plantas de cerezo dulce
(*Prunus avium* L.) cv. Santana.**

Por:

FELIPE BENJAMIN IDRO MONTES

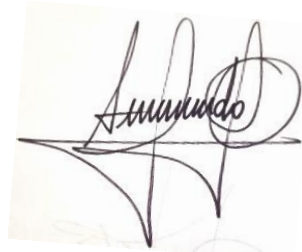
MEMORIA DE TITULO

Presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

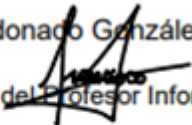
TALCA, 2022

APROBACIÓN:



Profesor Guía: Ing. M. Sc. AgroTIC y M. Sc. Horticultura Agr. Dr. Cesar Acevedo Opazo.

Francisco Maldonado González
Nombre y Firma del Profesor Informante



Profesor informante: Ing. Agr. Francisco Maldonado González

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 22 de diciembre de 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a mis padres Marta Montes y Juan Idro por darme la posibilidad de estudiar una carrera universitaria y cumplir con una etapa importante en mi vida. Por siempre tener su apoyo incondicional ante las adversidades que plantea la vida y transformarse de esa forma en un pilar fundamental en mi vida.

Agradecer al profesor guía Cesar Acevedo Opazo, Co-guía Francisco Maldonado y Paulo cañete Salinas por siempre brindarme su apoyo en todo momento, ser personas profesionales y responsables que se transformaron en una parte importante de mi carrera universitaria. Además, destacar su compromiso y disposición a siempre transmitir sus conocimientos.

A mi polola Eloísa Smith, por su cariño y por apoyarme de manera incondicional, ser un ejemplo para mí como persona y como profesional de la agronomía.

A los profesores, directora, secretaria, personal de aseo de la Universidad de Talca, por siempre ser personas profesionales y responsables haciendo de esta forma la facultad de ciencias agrarias una de las mejores del país.

Agradecer a todas las personas que formaron parte en este proceso universitario, y todas las amistades que pude formar el cual hicieron mi estancia en la universidad un periodo mucho más agradable.

RESUMEN

El cultivo del cerezo ha aumentado su superficie productiva durante la última década de manera significativa, transformando a Chile en el mayor exportador de cereza del hemisferio sur. Es así como hoy en día se cultiva cerezo en la zona centro norte, centro sur y sur de nuestro país, abarcando diferentes condiciones edafoclimáticas. El déficit hídrico provocado por el cambio climático nos plantea el reto de buscar nuevas formas de combatir este problema, siendo de este modo la utilización de bio-estimulantes una alternativa interesante ante condiciones de estrés biótico y abiótico. La presente investigación evaluó los efectos fisiológicos producidos por la aplicación de bio-estimulantes sobre el cv. Santana. Las variables evaluadas en esta investigación fueron el potencial hídrico xilemático, la tasa transpiratoria de la planta, la tasa de asimilación neta, la conductancia estomática, la temperatura del dosel y temperatura promedio de la hoja. Todo lo anterior se llevó a cabo en el sector de Pencahue, Región del Maule en un huerto comercial de cerezo en donde se evaluó la utilización de diferentes bio-estimulantes antiestrés, mediante la implementación de un diseño en bloques completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento: i) T0-control; ii) T1- Diformilurea (Bio-Forge®); iii) T2 – Acido Salicílico (Rezist®). El uso de bio-estimulantes no mostró diferencias significativas entre los tratamientos hasta la etapa de cosecha, ya que estos productos son efectivos sólo bajo condiciones importantes de estrés hídrico de planta y en las condiciones en que fueron evaluados estos productos, no se registraron eventos medioambientales, ni de manejo que generaran niveles importantes de estrés en las plantas. Sin embargo, al extender el ensayo durante postcosecha se logró observar ciertos niveles de estrés hídrico de planta. Al respecto, el tratamiento T1 fue el que presentó los mejores resultados, disminuyendo el nivel de estrés hídrico de las plantas. Además, se observó un efecto fisiológico interesante al utilizar Diformil-urea, mostrando los mejores resultados en la mayoría de las variables de campo evaluadas. De este modo se puede evidenciar un efecto positivo al utilizar Diformil urea en condiciones de estrés abiótico.

ABSTRACT

Cherry cultivation has significantly increased its productive area during the last decade, transforming Chile into the largest cherry exporter in the southern hemisphere. Thus, today cherry is grown in the central northern, central southern and southern areas of our country, covering different edaphoclimatic conditions. The water deficit caused by climate change has led to search for new ways to combat this problem, and the use of biostimulants is an interesting alternative to biotic and abiotic stress conditions. The present investigation evaluates the physiological effects produced by the application of biostimulants on Santana cultivar. The variables evaluated of this research were xylem water potential, plant transpiration rate, net assimilation rate, stomatal conductance, canopy temperature and average leaf temperature. All of the above was carried out in the Penciahue valley, Maule Region in a commercial cherry orchard where the use of different anti-stress biostimulants was evaluated by implementing a completely randomized block design with 3 replicates per treatment: i) T0-control; ii) T1- Diformyl-urea (Bio-Forge®); iii) T2- Salicylic acid (Rezist®). The use of biostimulants did not show significant differences between treatments, since these products are effective only under important condition of plant water stress and under conditions in which these products were evaluated, there were no environmental or management events that generated important level of stress in the plant. However, when the trial was extended during post-harvest, certain levels of plant water stress were observed. In this regard, T1 treatment was the one that presented the best results, reducing the level of plant water stress. In addition, an interesting physiological effect was observed when Diformyl-urea was used, showing the best results in most of the field variables evaluated. Thus, a positive effect can be evidenced when using Diformyl-urea under abiotic stress conditions.

Tabla de contenidos

Agradecimientos	4
1. Resumen	5
2. Introducción	9
3. Hipótesis	10
4. Objetivo general	10
5. Objetivos específicos.....	11
6. Revisión bibliográfica	12
6.1 Que es la cereza	12
6.2 Cerezo en Chile	12
6.3 Variedad Santina	13
6.4 Cambio climático.....	13
6.5 Bioestimulantes.....	14
6.5.1 Ácido salicílico	14
6.5.2 Diformil urea.....	14
6.6 Bioestimulantes sobre la respuesta fisiológica de las plantas.....	15
6.6.1 Tasa de asimilación	15
6.6.2 Conductancia estomática.....	16
6.6.3 Transpiración	16
6.6.4 Efecto de los bioestimulantes sobre la disminución del estrés hídrico	17
7. Materiales y métodos	18
7.1 Localización y características edafoclimáticas de la zona de estudio.	18
7.2 Material vegetal	18
7.3 Características del ensayo	19
7.4 Evaluaciones fisiológicas en plantas de cerezos.....	20
7.4.1 Mediciones intercambio gaseoso	20
7.4.2 Estado hídrico de la planta	20
7.5 Temperatura del Dosel.....	21
7.6 Análisis de datos	21
8. Resultados y discusión	22
8.1 Análisis de componentes principales.....	22
8.2 Variables fisiológicas	24
8.2.1 Potencial hídrico xilemático	24
8.2.2 Tasa transpiratoria de planta	26
8.2.3 Tasa de asimilación neta o fotosíntesis.....	27
8.2.4 Conductancia estomática.....	29
8.2.5 Temperatura	31
8.2.6 Temperatura promedio de la hoja.....	32
9. Conclusión	34
10. Bibliografía	35

Índice de cuadros y figuras

Figura 1. Registro de temperaturas (°C) máximas, mínimas, promedio y precipitaciones ocurridas en la estación Panguilemo durante el año 2022.	18
Figura 2. Diseño experimental ensayo.	19
Figura 3. Medición del intercambio gaseoso en hojas de Cerezo con instrumento LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR).	20
Figura 4. Utilización de cámara de presión tipo Scholander para obtención de variable de estado hídrico.....	21
Figura 5A. Análisis de componentes principales (ACP)	22
Figura 5B. Componentes principales y la variabilidad de los datos.....	22
Figura 6. Curva de desarrollo de potencial hídrico xilemático (MPa) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. Santina	24
Figura 7. Curva de desarrollo de transpiración ($\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza y test de Levene por fecha para el cv. Santina. ...	27
Figura 8. Curva de desarrollo de tasa de asimilación fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) Curva de desarrollo de tasa de asimilación fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. Santina.	28
Figura 9. Curva de desarrollo de conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza	30
Figura 10. Curva de desarrollo de Temperatura (°C) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza	31
Figura 11. Curva de desarrollo de T° Hoja(°C) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza	32

2. INTRODUCCIÓN

El cerezo dulce (*Prunus avium* L.) es una especie frutal perteneciente a la familia botánica Rosáceae (González *et al.*, 1989). En los últimos años, el cerezo se ha transformado en un frutal de gran importancia, debido al aumento exponencial en superficie y alta demanda de fruta del mercado asiático. Según registros de la FAO al año 2020, existen más de 445.000 ha plantadas a nivel mundial, liderado por Turquía con una superficie aproximada de 82.729 ha (FAO, 2020).

La cereza es la principal fruta fresca exportada de nuestro país, la cual, se mantiene en constante expansión año tras año. Esto se puede evidenciar con el aumento de superficie plantada en el país, alcanzando las 48.960 ha para el año 2022 (Odepa, 2022). Según el catastro frutícola las regiones de O'Higgins y Maule son las que albergan la mayor superficie productiva con 22.966 y 17.655 hectáreas respectivamente, registrando un crecimiento de 55% en los últimos 3 años (Odepa y Ciren, 2021).

Según las cifras de ASOEX durante la temporada 2020/2021 Chile exportó 352.949 toneladas, cifra récord para las exportaciones chilenas, contribuyendo con el 96% de las exportaciones del hemisferio sur. De esta cifra el 90% de las exportaciones de este carozo fueron destinadas al mercado chino, posicionando a Chile como el cuarto país exportador de cerezas a nivel mundial (Odepa, 2019). Estos números se logran gracias a que Chile genera su producción en condición de contra estación, permitiendo exportar cerezas cuando no existe oferta de esta fruta en el hemisferio norte, logrando de esta manera buenos precios de mercado con alrededor de 4 USD por kg de fruta exportada (Solorza, 2017; Odepa, 2019).

Independientemente de las estadísticas positivas, la producción de cerezas en nuestro país se ve fuertemente afectada por las condiciones medioambientales adversas tales como altas temperaturas y condiciones de estrés ambiental durante la temporada estival, situación que se ha visto incrementada en los últimos años, debido al escenario actual de cambio climático que está afectando a nuestro país, además de los eventos de sequía cada vez más recurrentes, principalmente en la zona centro norte de nuestro país (Sepúlveda y Arenas, 2020)

Para poder mitigar los efectos negativos que trae consigo el cambio climático, se están implementando a nivel productivo distintas estrategias de mitigación como la utilización de nuevas tecnologías y estrategias de manejo que consideran la utilización de distintas moléculas químicas. Dentro de estas se encuentra la utilización de suplementos orgánicos e inorgánicos, como lo son agroquímicos, abonos y/o biofertilizantes y bio-estimulantes entre otros (Ruiz-García y Gómez-Plaza, 2013).

Los bioestimulantes, como los define Saborio (2002) son “sustancias que, a pesar de no ser un nutriente, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan

un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el crecimiento de los frutos” por lo que su uso ayuda a la planta a potenciar su crecimiento y desarrollo tanto en su estructura vegetativa como en la producción de fruta (Morales, 2017). Sumado a esto, permiten a la planta producir fruta de buena calidad, con altos rendimientos y una buena vida postcosecha (condición de fruta). Este último factor es de suma relevancia debido el largo viaje que debe realizar este producto hasta el consumidor final (Maldonado, 2017).

La ocurrencia cada vez más frecuente de condiciones climáticas con alta temperatura, baja humedad relativa y excesiva radiación solar, pueden desfavorecer el potencial productivo de la planta, por lo que el uso de productos bio-estimulantes otorgarían una condición de mayor tolerancia a las condiciones de estrés abiótico que afectan al cerezo (du Jardín, 2015).

Los bioestimulantes pueden ser suministrados mediante aplicaciones foliares o bien, a través del sistema de riego. Investigadores como Colla y Rouphael (2020) han propuesto una serie de subcategorías para poder clasificar el origen de estos compuestos: quitosano, ácidos húmicos y fúlvicos, proteína hidrolizada, fosfitos, extractos de algas, silicio, entre los no microbianos, mientras que entre los de origen microbiano se puede mencionar las: micorrizas orbiculares, rizobacterias promotoras del crecimiento y trichodermas.

En el mercado se comercializa una amplia y variada gama de productos, por lo que en el presente estudio se evaluarán una serie de bioestimulantes como herramientas de mitigación ante condiciones de estrés ambiental en cerezo y su efecto sobre las variables fisiológicas de intercambio gaseoso y estado hídrico de planta, para lo cual se propone la siguiente hipótesis de trabajo y objetivos de investigación.

2.1 Hipótesis:

La utilización de productos bioestimulantes durante el periodo de postcosecha del cerezo, incrementaría la tasa de asimilación y disminuiría el estrés hídrico de las plantas de cerezos (*Prunus avium* L.) cv. Santana.

2.2. Objetivo general

Evaluar el uso de bioestimulantes como herramientas de mitigación ante condiciones de estrés ambiental y su efecto sobre el intercambio gaseoso (tasa de asimilación, conductancia estomática y transpiración) y estrés hídrico de plantas comerciales (potencial hídrico xilemático) en cerezos cv. Santana.

2.2.1 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la utilización de bioestimulantes durante el periodo de postcosecha sobre la respuesta fisiológica de la planta (tasa de asimilación, conductancia estomática y transpiración) en cerezos cv. Santina.
- Evaluar el efecto de utilizar bioestimulantes durante el periodo de postcosecha sobre el estado hídrico de la planta en cerezos cv. Santina.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Qué es el cerezo

El cerezo tiene su origen en la región próxima al mar Negro y Caspio, luego se expandió por Asia y Europa. Se cree que esta expansión se debe a la migración de aves que se alimentaban de estos frutos. De ahí viene el nombre avium (Gil, 2009).

Sus flores son simples, de color blanco y agrupadas en corimbos de una a cinco flores (Ellena, 2006).

Estas flores se encuentran en yemas florales de la base en el caso de ser madera del año o en yemas que se encuentran en dardos en madera de 2 o más años. El fruto pertenece a una drupa que es formada por un carozo que contiene una semilla simple envuelta por una testa dura. Presenta un tejido carnoso que puede ir desde el color amarillo hasta el negro dependiendo de la variedad (Lemus, 2005).

Con el pasar de los años y en busca de generar un mejoramiento genético esta especie se han generado cultivares auto fértiles, como Santina y Lapins entre otras, con el objetivo de evitar la alta dependencia que existe con los de polinizantes en este cultivo (Quero-García et al., 2017).

3.2 Cerezo en Chile

En la última temporada 2021/2022, la exportación de cerezas desde el hemisferio sur alcanzo un volumen total de 370.320 toneladas. Posicionando a Chile como el principal referente exportador con un volumen de 356.385 toneladas, aproximadamente 4 mil toneladas más que la temporada 2020/2021, mostrando así una variación positiva del 1,1% (IQonsulting, 2022).

Actualmente en el hemisferio sur la oferta exportadora es dominada por Chile con un 95,7% de las exportaciones. Muy por encima de sus competidores como Argentina, Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica (IQonsulting, 2022).

En el año 2020 debido al coronavirus el mercado chino se cerró un poco antes del Año Nuevo chino, dejando sin mercado las exportaciones provenientes de Chile. En el año 2021 los constantes rumores sobre fruta chile infectada con COVID hizo que el mercado chino restringiera de manera exhaustiva los cargamentos chilenos, permitiendo un muy leve crecimiento en exportaciones a diferencia de lo que venía ocurriendo en años anteriores. Sin embargo, se prevé que en los próximos 5 años se duplique la producción y exportación de cerezas en Chile (IQonsulting, 2022).

La región del maule es la principal región productora del país durante la temporada 2021/2022 con un total de 163.477 toneladas. En segundo lugar, se encuentra la región de O'Higgins con 132.536 toneladas. Ambas regiones representan el 83% de las exportaciones chilenas (IQonsulting, 2022).

3.3 Cultivar Santina

El cultivar Santina es un híbrido producto del cruzamiento entre las variedades Stella x Summit llevado a cabo en Canadá. Este cultivar es un árbol semi vigoroso de hábito semi erecto y sin complicaciones para ramificar, no necesita de polinización cruzada pues es una variedad auto fértil. Su requerimiento de horas frío es entre 600 a 800 horas bajo los 7° C y necesita primaveras templadas para su correcto desarrollo. Su fruta en estado madura presenta un color rojo caoba, con un calibre de 26 a 30 mm. La producción por hectárea es de 10 a 15 toneladas (FDF,2010)

Esta variedad es de cosecha temprana, con un fruto de forma ovalada y pedicelo de tamaño medio a largo. Presenta mediana resistencia a la partidura de frutos en climas adversos, en comparación a varios cultivares. (Lemus,2005)

3.4 Cambio climático

El fenómeno del cambio climático basa su problemática en las alteraciones del clima, produciendo grandes problemas los cuales afectan en gran parte la agricultura mundial. La reducción de la producción, el desarrollo y la baja en los rendimientos, sobre todo en zonas áridas y semi áridas donde la disponibilidad del agua a través del riego es cada vez más difícil y escasa, generando una situación preocupante para la disponibilidad futura de alimentos cultivables (del Pozo et al. 2019).

El calentamiento global traerá de la mano cambios en la estacionalidad de las lluvias, disminuyendo la disponibilidad de agua en suelos de muchas partes del planeta (Solomon et al., 2007). “La falta de lluvia tiene como consecuencia la desertificación acelerada de vastas zonas del planeta, siendo aquellas de clima mediterráneo las más afectadas, debido a la limitación hídrica y la irregularidad (impredecibilidad) de las precipitaciones” (Smith, 2021).

En el caso del cultivo del cerezo, los cambios en los patrones del clima producirán problemas de fertilidad y cuaja, que repercutirán principalmente en rendimientos de la fruta. El aumento de las temperaturas mínimas reducirá las horas de frío invernal, afectando la dormancia, índice sumamente importante en los frutales de hoja caduca, lo que traerá consigo problemas en la brotación y fertilidad de las yemas. Otra variable importante es el aumento de las temperaturas nocturnas, las cuales, debido a su incremento, afectarán negativamente el desarrollo de color y condiciones organolépticas de frutales y vides (CEPAL, 2012).

Investigaciones proyectan que la producción de alimentos a nivel mundial deberá incrementarse en un 70% para el año 2050, mientras que las necesidades en los requerimientos hídricos podrían llegar a duplicarse para el año 2025 (Ocampo, 2011).

3.5 Bioestimulantes

Los bioestimulantes es una sustancia o microorganismos que, al ser aplicados en una planta, mejora su capacidad en la eficiencia de absorción y asimilación de nutrientes, además, en ciertas ocasiones le permite tolerar de mejor forma el estrés biótico y abióticos, mejorando las características productivas de cultivos y frutales (Yhony *et al*, 2020).

Por otra parte, ayudan a mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas al promover o retardar distintos procesos fisiológicos, permitiendo así una mejor respuesta por parte de la planta ante condiciones de estrés biótico y abiótico tales como estrés hídrico, exceso de humedad, temperaturas extremas, salinidad, toxicidad o la incidencia de plagas y enfermedades. Los bioestimulantes comerciales pueden estar compuestos por nutrientes minerales (macro y micronutrientes) y por hormonas vegetales como auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, ácido salicílico y ácido jasmónico (Morales,2017).

3.5.1 Ácido salicílico

Es una hormona vegetal que se encuentra en los tejidos verdes la cual está encargada de regular la respuesta de las plantas ante diferentes tipos de estrés, sean estos producidos por patógenos, factores ambientales o propios de ésta (Coego, 2006).

Se conoce químicamente como ácido 2-hidroxibenzoico de fórmula molecular $C_7H_6O_3$ (Sariñana, 2019) y forma parte de los compuestos de origen fenólico sintetizados por los metabolitos secundarios de la planta (Ávalos y Pérez, 2009).

Este compuesto fenólico participa en la regulación del crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales teniendo una acción positiva frente a eventuales condiciones de estrés biótico y abiótico (Miura y Tada, 2014) ayudando en la síntesis de lignina, actividad alelopática y en algunos casos la biosíntesis de fitoalexinas, compuestos alelopáticos que ayudan a la defensa de la planta (Rangel *et al.*, 2010).

Resultados reportados por distintos autores, informan que el ácido salicílico (SA) de origen exógeno, en las plantas sometidas a estrés, son capaces de inducir importantes mecanismos de tolerancia al estrés abiótico (Palma *et al.*, 2013).

3.5.2 Diformil urea

El Diformil urea un compuesto químico derivado del Nitrógeno (N) utilizado para disminuir los daños generados por condiciones desfavorables para el cultivo (heladas, temperaturas extremas, toxicidad química, etc.). Es un compuesto que estimula el metabolismo de la planta después de haber pasado por alguna condición de estrés biótico o abiótico (Ficha Técnica Stoller)

Esta hormona puede ser regulada por distintos factores ambientales, hormonales y nutricionales por lo que el uso de productos bioestimulantes que contengan Diformil urea como ingrediente activo, actuarán como antagonistas del etileno retrasando su conversión y así, retrasando la maduración y senescencia en tejidos vegetales (Ficha Técnica Stoller).

Cuando existen grandes proporciones de Etileno producidas mientras la planta está en el proceso de floración, esta hormona interfiere en los procesos de fecundación y crecimiento inicial del fruto que acaba de cuajar, produciendo el aborto del fruto. Por lo tanto, es importante utilizar métodos que permitan balancear la concentración del etileno en la planta para evitar los daños a nivel intracelular, pudiendo influir negativamente en la producción frutícola (Portal frutícola, 2021).

3.6 Bioestimulantes sobre la respuesta fisiológica de las plantas

Los bioestimulantes entregan a las plantas sustancias húmicas, hormonas, vitaminas, aminoácidos y nutrientes que son claves para el óptimo desarrollo de la planta (Correía, 2018). El ácido salicílico estimula y reactiva el metabolismo de la planta, participando de este modo en distintos procesos fisiológicos como la respiración, cierre estomático, respuesta ante el estrés abiótico y el crecimiento celular (Sánchez, 2010).

La Diformil-urea, trabaja principalmente sobre el etileno, hormona involucrada en la maduración, abscisión de hojas y caída de frutos que proviene desde la síntesis del aminoácido metionina, que luego de reacciones químicas específicas se transforma en etileno.



De este modo usando estos bioestimulantes, puede presentar beneficios importantes para la fisiología de las plantas y su desarrollo.

3.6.1 Tasa de asimilación

Para las plantas la fotosíntesis es un proceso fundamental e indispensable en su ciclo de vida, aquí es donde la energía solar juega un rol clave. Las plantas captan la luz del sol y abren sus estomas, permitiendo de esta manera llevar a cabo el intercambio gaseoso y la producción de foto asimilados que son fundamentales para su desarrollo (Zalazar, 2019).

La fotosíntesis es un proceso fundamental para la productividad de las plantas, en donde pueden identificar varios factores como la temperatura, radiación y estrés hídrico que afectan negativamente este proceso, generando una reducción en el rendimiento final de la planta (Schaffer *et al.*, 2018).

La respuesta a la luz de una hoja de cerezo describe una curva asintótica típica muy similar a otras plantas C3. La saturación de la luz se produce entre 30% a 50% de energía a pleno sol en un día despejado (Vega, 2011).

Se han realizado diversos estudios que permiten demostrar que, al reducir la radiación solar, el proceso de fotosíntesis se ve favorecido mejorando de manera considerable el intercambio gaseoso y la concentración intracelular de CO₂ (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2007).

3.6.2 Conductancia estomática

La conductancia estomática es muy relevante en el proceso de intercambio gaseoso, si la planta es sometida a estrés hídrico esta cerrará sus estomas, inhibiendo el proceso de intercambio y afectado negativamente el rendimiento de la planta (Diaz, 2019).

La apertura o cierre estomático depende de cambios en el turgor de las células de guarda presentes en la estoma. La disminución del potencial osmótico gracias a la entrada de protones de potasio permitiría que el agua entre al interior de la célula desencadenando un aumento en su turgor. De lo contrario para disminuir el turgor de las células estomáticas, el potasio debe ser liberado de la célula de guarda dando por resultado el cierre estomático (Squeo & Cardemil, 2007).

Por lo mismo al aplicar estrés hídrico sobre la planta de cerezo, esta cerrará sus estomas y reduciría su tasa transpiratoria de la planta, lo cual desencadenaría un aumento en la temperatura de la cubierta vegetal, que afectaría el correcto desarrollo y producción de la planta (Berni et al., 2009).

En Alemania se realizó una investigación que pudo evidenciar que el potencial xilemático a -1,3 MPa presentaría una conductancia de 0,22 a 0,26 m² s⁻¹ presentando un estrés hídrico moderado (Diaz, 2019). De este modo al presentar la planta valores de -1,5 a 1,8 MPa generaría un cierre estomático, debido a un gran estrés hídrico que desencadenaría la detención de la fotosíntesis sin demostrar signos de marchitez del follaje, siendo valores de estrés hídrico severo (Sotiropoulos, 2014).

El proceso de apertura o cierre estomático es dependiente de factores tales como el riego, luz solar, humedad relativa, temperatura y concentración de CO₂ (Squeo & Cardemil, 2007).

3.6.3 Transpiración

La transpiración es el proceso por el cual se determina la eficiencia del uso de agua por parte de la planta al evaporar el agua desde el interior celular hacia la atmósfera, depende directamente de la conductancia estomática (Squeo & Cardemil, 2007).

Para regular el proceso de transpiración y pérdida de agua, la planta ajusta la apertura y cierre de las estomas, pues si las estomas se encuentran abiertos permite el intercambio de gases de la planta con el exterior, proceso por el cual se libera agua hacia la atmósfera (Prash, & Sonnewald, 2015).

La actividad fotosintética producida en las células del mesófilo permite que las hojas pierdan agua a través de las estomas. El flujo del agua responde a dos ambientes distintos, siendo en primer lugar el ambiente aéreo, aquí la hoja está expuesta y puede ser definido el término de radiación, temperatura, déficit de presión de vapor y contenido de CO₂. En segundo lugar, el ambiente subterráneo en donde las raíces reaccionan de cierta forma al ser sometidas a estrés hídrico, recibiendo señales de conductividad eléctrica que desencadena la acción de evitar pérdida de agua a través de las hojas (Sperry et al., 2012).

Se considera un estrés hídrico cuando los niveles de transpiración de la planta son elevados y rompen el equilibrio entre el agua absorbida y agua liberada por la planta, siendo mayor la salida de esta (Levitt, 1980).

Por lo tanto, la aplicación de estrés hídrico en el cerezo provocaría el cierre estomático, generando una disminución de la tasa respiratoria y de la transpiración de la planta. De esta forma se ve afectado el rendimiento de la planta al momento de cosecha (Berni et al., 2009).

3.7 Efecto de los bioestimulantes sobre el estado hídrico de la planta

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 de la xilema a mediodía y (iii) el potencial hídrico del amanecer (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 (Acevedo-Opazo *et al.*, 2008).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Localización y características edafoclimáticas de la zona de estudio.

La investigación se realizó en el Fundo Agrícola “El Guindo”, perteneciente a la Sociedad Agrícola Cumelén, el cual se encuentra ubicado en la Comuna de Penuhue (35° 41' 35" S; 71° 78' 17" W), Región del Maule, Chile, durante el año 2022. El área de estudio presenta un clima templado mediterráneo con una precipitación anual promedio de 700 mm y con suelos pertenecientes a la Serie Penuhue, el que se caracteriza por presentar derivados franco-arenosos y franco-areno-arcillosos en sus primeras tres estratas. Las condiciones de temperatura y precipitación durante el ensayo se muestran en la Figura 1. Estos datos provienen de la estación de monitorio más cercana al ensayo, ubicada en la estación meteorológica Panguilemo.

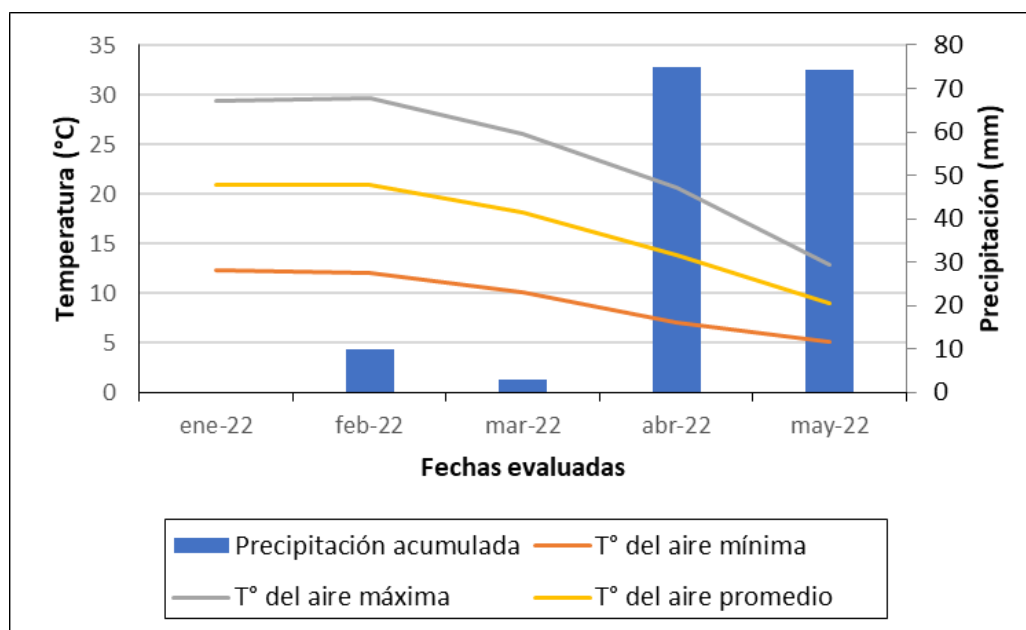


Figura 1. Registro de temperaturas (°C) máximas, mínimas y precipitaciones ocurridas en la estación Panguilemo durante el año 2022.

4.2 Material vegetal

Para este estudio se utilizaron arboles de cerezo (*P. avium*) cv. Santana. El huerto fue establecido el año 2012 sobre portainjerto MaxMa14 en un marco de plantación de 2,5 x 4 m (1000 plantas/ha). Se riega mediante un sistema de riego por goteo alimentado desde el canal Las Tizas, quien a su vez se alimenta

del canal Pencahue. Los árboles son conducidos en Eje Central, presentando una altura promedio de 2,5 metros para facilitar su cosecha.

4.3 Características del ensayo

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada productiva 2021/2022 en cerezos (*Prunus avium* L.) cv. Santana. Se evaluaron dos aplicaciones con bioestimulantes más un testigo. El primer tratamiento (T1) fue la aplicación de Bio-Forge® en dosis de 150 cc/ 100 litros. Éste bioestimulante tiene como principal componente la Diformil-urea, con 30.000 ppm en 1 litro de producto y además micronutrientes específicos. Este permite mejorar la respuesta de la planta ante los efectos negativos generados por condiciones de estrés, además estimula el metabolismo de las plantas. De esta manera puede aumentar calidad de producción, así como también actuar en beneficiosamente en procesos fisiológicos en los que participe el etileno (Stoller,2022). Por su parte el segundo tratamiento (T2) corresponde a ReZist® en dosis de 100 cc/ 100 litros. Este bio-estimulante está compuesto por Ac. Salicílico con 10 ppm en 1 litro de producto y además micronutrientes, el cual estimula y reactiva el metabolismo de la planta al participar en distintos procesos fisiológicos como crecimiento celular, respiración, cierre estomático y respuesta a estrés abiótico (Sanchez,2010). Mientras que en el tratamiento testigo (T₀) no se realizaron aplicaciones. El experimento considera un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBA) con tres repeticiones por tratamiento (bloques), en donde cada repetición corresponde a dos plantas (unidad experimental) (Ver figura N°2).

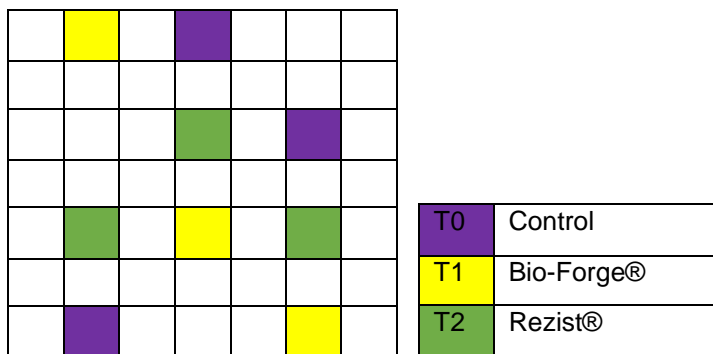


Figura 2. Diseño experimental ensayo.

Las aplicaciones de ambos tratamientos fueron en 4 ocasiones y las fechas fueron las siguientes:

Aplicación N°1: 17 de diciembre de 2021.

Aplicación N°2: 14 de enero de 2022.

Aplicación N°3: 04 de febrero de 2022.

Aplicación N°4: 04 de marzo de 2022.

4.4 Evaluaciones fisiológicas en plantas de cerezos.

La toma de información para medir la respuesta fisiológica las plantas se realizaron durante las 9:00 am y 12:00 de manera periódica.

4.4.1 Mediciones de intercambio gaseoso

Para caracterizar la respuesta de planta ante el intercambio gaseoso se midió la tasa de asimilación fotosintética (a_n) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y la conductancia estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Para esto fueron seleccionados 2 hojas sanas de un tamaño representativo de la planta, ubicadas en el tercio medio de esta con exposición oriente, es decir, con incidencia directa de la radiación. Las mediciones de estas variables se obtuvieron mediante la utilización del equipo LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR) (Ver figura 3).



Figura 3. Medición del intercambio gaseoso en hojas de Cerezo con instrumento LI-6800 Portable Photosynthesis System (LI-COR).

4.4.2 Estado hídrico de la planta

Para la medición del estado hídrico de la planta se utilizó una cámara de presión denominada Bomba Scholander (PMS Instrument Co., modelo 1000, Corvallis, Oregón, EE UU.; Scholander et al., 1965) (Véase Figura 4). Para la medición de este parámetro se seleccionaron al azar dos hojas por repetición, ubicadas a cada lado de la hilera en el tercio medio superior del árbol. Antes de la medición estas hojas son envueltas con una lámina plástica (evita transpiración) y con papel aluminio (evita transpiración y calentamiento de la hoja) buscando igualar el potencial hídrico entre la hoja y el tallo. Después del tapado de la hoja se espera una hora y media para asegurar que el potencial hídrico de la hoja se equilibre con el xilema de la planta, para posteriormente proceder a realizar la medición del potencial hídrico xilemático.



Figura 4. Utilización de cámara de presión tipo Scholander para obtención de variable de estado hídrico.

4.4.3 Temperatura del Dosel y hoja

La medición de la temperatura del dosel se realizó utilizando una cámara termal marca Flir (Hikvision) en donde se posicionó la cámara en la parte media del árbol, sacado una imagen por cada lado de la hilera del árbol. La imagen obtenida nos entrega datos de temperatura (°C) de la parte más alta, media y baja del dosel de las plantas tratadas en el ensayo. Para la medición de temperatura de hoja se utilizó el mismo instrumento, pero posicionado sobre 2 hojas sanas de un tamaño representativo de la planta, ubicadas en el tercio medio de esta con exposición oriente, es decir, con incidencia directa de la radiación

4.4.4 Análisis de datos

Para comprender la variabilidad de los datos y su correlación y grado de asociación, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), con todas las variables y tratamientos, mediante el software XLSTAT by Addinsoft. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), con el objetivo de estudiar las diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Para cada uno de los análisis se realizó pruebas de comparación múltiple de rangos, de tal forma de obtener la separación de las medias, mediante el test de Tukey (valor- $p \leq 0,05$). Para la comprobación de homogeneidad de varianzas se realizará el test de Levene (valor- $p \geq 0,05$). Para el análisis de los datos se utilizarán los softwares Statgraphics Centurion XIX y R commander.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de componentes principales

La variabilidad de los datos puede ser explicada mediante el análisis de los ejes o componentes principales, en donde los ejes F1 y F2 representan en su conjunto el 84,52% de la variabilidad total de los datos. Por su parte, el eje F1 representa el 52,72% del total de los datos, que se explica por la alta correlación existente entre las variables de intercambio gaseoso de la planta (Tasa de asimilación neta o fotosíntesis, Tasa de Transpiración y Conductancia estomática) en el eje F1.

Por su parte, la inercia observada en el eje F2 estaría explicado principalmente por las variables de potencial hídrico xilemático, temperatura del dosel ($T^{\circ}\text{C}$) y temperatura de la hoja. Al respecto, se puede observar que el potencial hídrico xilemático presenta una alta correlación inversa con la variable de temperatura de la hoja, es decir, a medida que aumenta la temperatura de la hoja potencial hídrico se hace más negativo, es decir, aumenta el estrés hídrico de la planta.

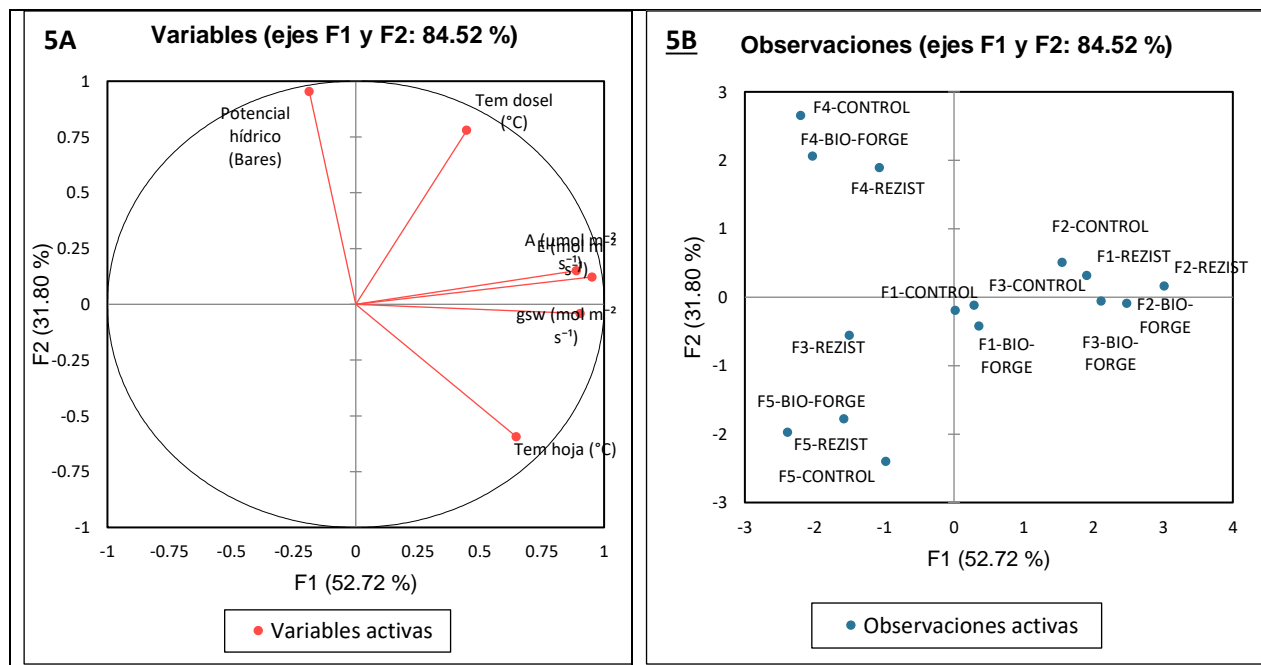


Fig. 5A. Análisis de componentes principales (ACP). Están representados cada uno de los datos por variable de las fechas de medición del ensayo. Ambos factores (F1 y F2) suman en total 84,52% de la variabilidad total de los datos. Ψ_x : potencial hídrico xilemático, T° Dosel: temperatura del dosel, E: transpiración, A: asimilación fotosintética, gsw: conductancia estomática, T° Hoja: temperatura de la hoja. Además, en la **Figura 5B** se observan los componentes principales, los factores 1 y 2 suman en conjunto 84,52% de la variabilidad total de los datos. SAN corresponde al cv. Santina. Los 3 tratamientos están expresados como: T1: BioForge, T2: ReZist y T0: Control. La letra F estaría representando las distintas fechas de mediciones que fueron realizadas durante el ensayo, de esta manera tenemos F1(15/12/2021), F2(22/12/2022), F3(20/01/2022), F4(10/02/2022) y F5(11/03/2022).

En la Figura 5, se presenta el análisis de componentes principales (ACP) utilizando los valores promedios registrados durante la temporada para las variables fisiológicas de plantas evaluadas, con la finalidad de observar la correlación existente en todo el set de datos recopilado. Por su parte, los vectores indican la dirección en la que aumentan en magnitud cada una de las variables estudiadas.

En la Figura 5A se observa la distribución de cada una de las variables analizadas y su contribución en relación con los factores F1 y F2. Por su parte, en la Figura 5B se observa la distribución de los distintos tratamientos aplicados durante el ensayo, para las distintas fechas de evaluación.

En relación con los tratamientos aplicados, podemos observar que el tratamiento control (sin aplicación), siempre mostró un mayor nivel de estrés que el tratamiento con Diformil-urea, lo que se traduce en un mejor comportamiento de intercambio gaseoso en las plantas tratadas con este bio-estimulante. Al respecto, se observa que las plantas con aplicación de Diformil-urea mostraron una mayor apertura estomática (conductancia estomática). Por su parte, el tratamiento con aplicaciones de Ac. Salicílico habrían presentado una mayor tasa de asimilación neta de las plantas, y ambos tratamientos habrían presentado una mayor tasa de transpiración, todo lo anterior se traduciría en un mejor comportamiento fisiológico en general, es decir, con un menor nivel de estrés hídrico de planta y mayor tasa fotosintética (plantas más funcionales y con mayor producción de foto-asimilados), que se traducirían en una mejor fruta producida, tanto en madurez como en calidad.

Para las fechas 1 y 2 (F1 y F2 de medición), el tratamiento con aplicaciones de Ac. Salicílico fue el que presentó la mejor respuesta fisiológica, seguido por Diformil-urea y en último lugar el tratamiento control. En la fecha 3 (F3 de medición), el tratamiento con Diformil-urea fue el que presentó los mejores resultados en relación a la respuesta fisiológica de planta, estando muy por encima del T2.

En la fecha 4 (F4 de medición), los tratamientos utilizados no mostraron un óptimo comportamiento fisiológico, siendo el T2 el que presentó la mejor respuesta de los tres tratamientos evaluados. Finalmente, en fecha 5 (F5 de medición) los resultados mostraron una baja respuesta fisiológica. En donde T0 se mantuvo por encima de los otros dos tratamientos que utilizaron bio-estimulantes.

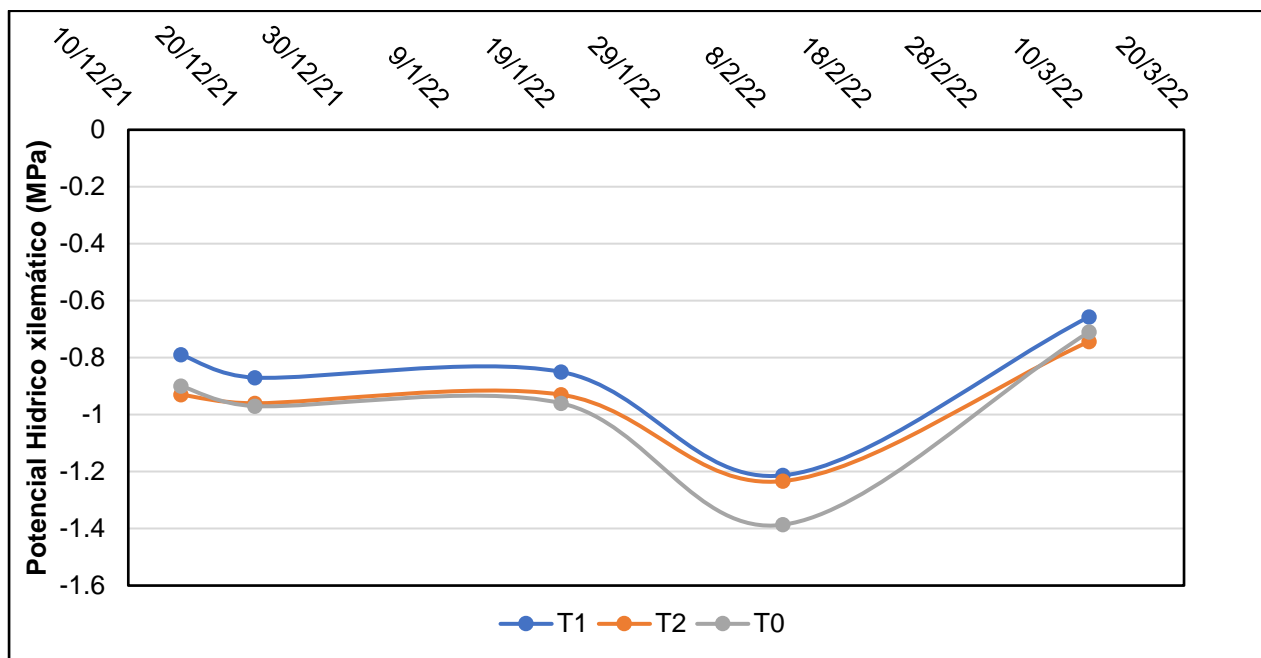
En general, las tendencias muestran que los mejores resultados fueron observados en las fechas de medición 1, 2 y 3. Estos resultados pueden estar relacionados directamente con el periodo de postcosecha de las plantas y en meses donde se registraron las temperaturas más altas de la temporada. De este modo, los bio-estimulantes lograron mejorar el comportamiento fisiológico de las plantas bajo condiciones climáticas adversas (altas temperaturas, alta radiación y bajo aporte hídrico).

5.3 VARIABLES FISIOLÓGICAS

5.3.1 Potencial hídrico xilemático

En la figura (Fig. 6), se presenta la evolución del potencial hídrico xilemático y tablas resumen de medias y valor-p registradas durante la temporada de ensayo en el cv. *Santina*. Al respecto, no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos durante la temporada.

Durante el periodo comprendido entre la primera y quinta fecha de evaluación del ensayo (15/12/2021, 22/12/2021, 20/01/2022, 10/02/2022, 11/03/2022) no se observan diferencias estadísticas significativas. Al respecto, el máximo estrés hídrico registrado fue de -1,23 MPa para el cv *Santina*, el 10/02/2022 (tercera fecha de evaluación). Los resultados muestran que en la mayor parte de las fechas evaluadas el tratamiento T0 mostro un mayor nivel de estrés hídrico de planta, en relación a los tratamientos donde se aplicaron bioestimulantes en las plantas, sin evidenciar diferencias estadísticas.



Tratamiento	15/12/2021	22/12/2021	20/01/2022	10/02/2022	11/03/2022
T1	-0,79	-0,87	-0,85	-1,2133	-0,6566
T2	-0,93	-0,96	-0,93	-1,2333	-0,7433
T0	-0,9	-0,97	-0,96	-1,3866	-0,71
Valor -p ANDEVA	0,8115	0,8273	0,7914	0,6697	0,6215
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Valor -p levene	0,993021	0,871163	0,853556	0,646959	0,819529
significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 6. Curva de desarrollo de potencial hídrico xilemático (MPa) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. *Santina*. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%.

*Valor -p< 0,05;** valor-p<0,01; n.s. no significativo.

Es importante indicar que durante la fecha de mayor estrés (tercera fecha de medición), tanto las plantas tratadas con Rezist, como con Bio-Forge habrían presentado un menor nivel de estrés hídrico (-1,2 MPa) en comparación con las plantas testigos sin aplicación (-1,4 MPa). Esta información es relevante considerando que durante este período se produce tanto la inducción como diferenciación de flores de cerezos para la próxima temporada. En este sentido, la utilización de bio-estimulantes (Ac. Salicílico y Diformil-urea) permitan disminuir el estrés abiótico, representando una estrategia indispensable para la producción de cerezas de exportación. Asimismo, es importante destacar que valores de estado hídrico superiores a los -1,25 MPa podrían ser considerados como valores de estrés hídrico importante para el cultivo del cerezo.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Valenzuela, (2011), en un ensayo realizado en la región Metropolitana en cv. Lapins, el potencial hídrico xilemático fluctuó entre los -1,1 a -0,85 MPa, en plantas con buena irrigación. Por otra parte, en Vicuña (IV región) Summit y Lemus, (2005) realizaron una investigación en cerezos cv. Lapins, en donde obtuvieron valores de potencial hídrico que fluctuaron entre -0,89 a -0,94 MPa, para plantas con una buena reposición hídrica. En este mismo estudio, para plantas regadas con un 50% de la ETc registraron un potencial hídrico de -1,6 MPa, y las plantas que recibieron una reposición de 15% de la ETc registraron un potencial de -2,2 MPa. Los resultados de la presente investigación concuerdan con los obtenidos en literatura, considerando que se encontraba bajo un régimen de riego deficitario menos estresante.

Los resultados obtenidos en la presente investigación también concuerdan con los obtenidos por Cornejo (2020), en un ensayo similar en cerezos cv. Lapins realizado durante la temporada 2020. Al respecto, se observó que el ácido salicílico fue el tratamiento que mostró los mejores resultados para el periodo de mayor estrés hídrico de planta, en donde se registraron valores de hasta -1,5 MPa, lo cual se considera una condición de estrés hídrico severo para este frutal. Sin embargo, difiere en la intensidad de estrés hídrico observado, debido a que en la presente investigación no se registraron condiciones severas de estrés hídrico, pues el mayor valor alcanzado fue de -1,38 MPa. Como consecuencia esta temporada el bio-estimulante en base a Diformil-urea, habría sido el que mostró los resultados fisiológicos más favorable para las plantas de cerezo.

Por su parte, Navarro (2021) obtuvo resultados similares a los obtenidos en el presente ensayo, donde las plantas tratadas con bio-estimulantes, mostraron un nivel de estrés hídrico inferior al tratamiento testigo sin aplicación. Así, en la presente investigación los tratamientos T1 y T2 obtuvieron los mejores resultados. En este mismo sentido el tratamiento T1 fue el que mostró los valores de potencial hídrico con menor estrés durante las cinco fechas de medición.

Adicionalmente, al ensayo anterior el huerto fue sometido a condiciones de estrés hídrico severo durante el periodo fenológico de post-cosecha. Según Dochev *et al.*, (2001) esta condición se alcanza cuando el potencial hídrico xilemático supera los -1,4 MPa y al alcanzar los -1,5 MPa se detiene el crecimiento vegetativo del cerezo (Shackel *et al*, 1997). Bajo esta condición de manejo hídrico se pudo

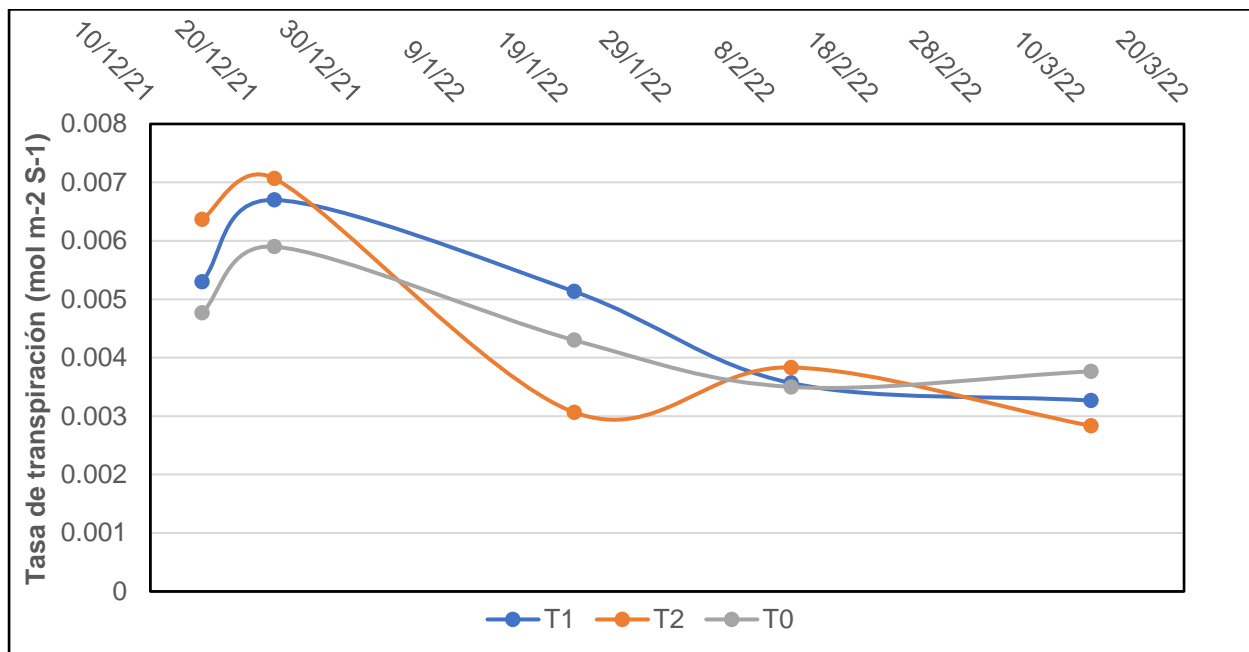
observar el real efecto de los productos bio-estimulantes sobre el comportamiento fisiológico de las plantas en condiciones de estrés hídrico severo.

Finalmente, es importante señalar que los bio-estimulantes evaluados durante el presente ensayo mostrarían diferencias estadísticas significativas bajo condiciones de estrés hídrico severo, es decir, con valores de potencial hídrico xilemático inferiores a los -1,5 MPa, valores que no pudieron ser observados durante la presente temporada de estudio, en donde las temperaturas máximas nunca sobrepasaron los 33°C, considerada como temperaturas elevadas para el cultivo del cerezo.

5.3.2 Tasa transpiratoria de planta

La Figura 7 presenta los resultados obtenidos en la variable de transpiración de hojas ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para las distintas fechas de evaluación durante la temporada. Al respecto, se observa que el cv. Santina no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos realizados durante toda la temporada de evaluación. Los resultados muestran que las mediciones realizadas el día 20/01/2022 y 11/03/2022 fueron las que presentaron los valores de mayor estrés durante la temporada. Así, se observa que el tratamiento que presentó el mayor valor de transpiración fue el tratado con Diformil urea (T1), por sobre los valores de T0 y T2. Al respecto, es importante señalar que en literatura se indica que una planta con una mayor tasa transpiratoria es una planta que presentaría una mayor producción y distribución de foto-asimilados hacia la fruta y estructuras permanentes de la planta.

La variable de transpiración para el tratamiento T2 se mantuvo en la mayoría de los casos por sobre T1 y T0, decayendo levemente durante el mes de enero, mostrando valores muy cercanos entre los tres tratamientos evaluados. Este resultado discrepa los obtenidos por Navarro (2021), en donde la utilización de Diformil urea habría mostrado los mayores valores en la tasa transpiratoria en comparación al tratamiento con aplicaciones de ác. Salicílico y el tratamiento sin aplicación (T0).



Tratamiento	15/12/2021	22/12/2021	20/01/2022	10/02/2022	11/03/2022
T1	0,0053	0,0067	0,005133	0,003566	0,0032666
T2	0,0063667	0,007066	0,003066	0,003833	0,0028333
T0	0,00476667	0,0059	0,0043	0,0035	0,0037666
Valor -p ANDEVA	0,6663	0,9262	0,3376	0,9752	0,6820
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Valor -p levene	0,495416	0,831463	0,731864	0,623839	0,917126
significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

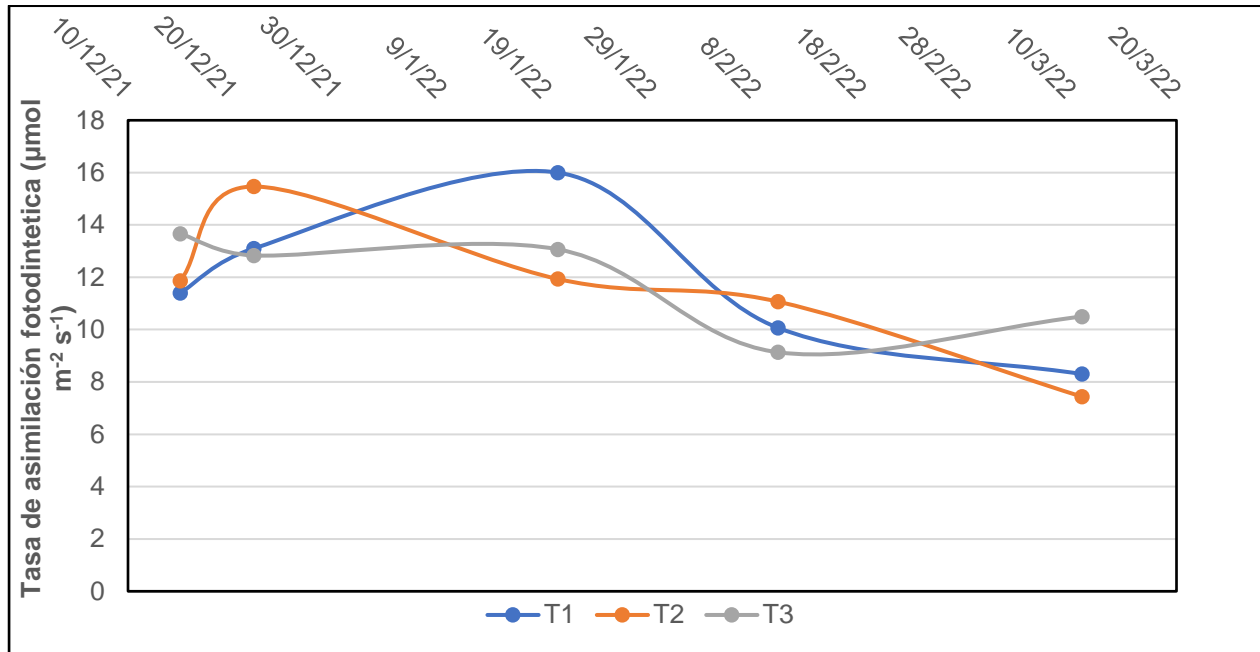
Figura 7. Curva de desarrollo de transpiración ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza y test de Levene por fecha para el cv. Santina. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba Tukey 95%. *valor $-p < 0,005$; ** valor $-p < 0,001$; n.s no significativo.

Por otro lado, es importante indicar que la variable transpiratoria de planta está relacionada directamente con la conductancia estomática, debido a que un cierre estomático causado por un estrés hídrico prematuro provocaría una disminución significativa del flujo de vapor de agua entre la cavidad subestomática y el medioambiente (Sonnewald, 2015). Por su parte, el déficit de presión de vapor puede afectar de forma positiva o negativa al cultivo de la cereza (Devi, 2018), de acuerdo con el nivel de estrés hídrico en que se encuentre la planta. Al respecto, en ninguna de las fechas de medición se observaron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento T1 y T2. Además, en la mayoría de las fechas evaluadas T1 mostró una mayor tasa transpiratoria que los tratamientos T0 Y T2.

5.3.3 Tasa de asimilación neta o fotosíntesis

En la Figura 8, se presenta la evolución de la tasa de asimilación de la planta ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) durante la temporada de ensayo para el cv. Santina. A pesar de no presentar diferencias estadísticas significativas

entre los tratamientos durante la temporada. Al respecto, se observa una tendencia clara de mejor comportamiento en plantas tratadas con Bio-Forge, presentando los valores más altos de asimilación durante la tercera fecha de medición (16,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en comparación al tratamiento testigo T0, en donde su mayor valor no superó los 13,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Así, se observan una diferencia promedio de 20% entre estos tratamientos en beneficio del tratamiento con Bio-Forge. Al respecto, es importante señalar que la acumulación de foto asimilado muestra una relación directa con la tasa de asimilación de las plantas. Por lo que se puede indicar que la utilización de Bio-Forge, aumentaría la acumulación de foto-asimilados en plantas de cerezo.



Tratamiento	15/12/2021	22/12/2021	20/01/2022	10/02/2022	11/03/2022
T1	11,4	13,1	16,0	10,0667	8,3
T2	11,8667	15,4667	11,9333	11,0667	7,4333
T0	13,6667	12,833	13,0667	9,1333	10,5
Valor -p ANDEVA	0,7492	0,8129	0,1211	0,8510	0,4896
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Valor -p levene	0,974892	0,902865	0,769031	0,743878	0,714854
significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 8. Curva de desarrollo de tasa de asimilación fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. Santina. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba Tukey 95%. *valor -p<0,005; ** valor-p<0,001; n.s no significativo.

Medina *et al.*, (2002), observó que al disminuir la radiación fotosintéticamente activa (PAR), la tasa de asimilación del cultivo aumentaría, debido a la reducción de la foto-saturación causada por un exceso de radiación, mejorando la eficiencia fotoquímica del fotosistema II. De acuerdo con la información climática, se puede inferir que durante la segunda fecha de medición se observó un alto índice de radiación PAR, lo cual generó un aumento en la tasa de asimilación para el tratamiento con Rezist.

Según resultados obtenidos por Flores *et al.*, (2009) en un ensayo que se evaluó la fotosíntesis neta en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant, mostró que, a mayores niveles de radiación solar, mayor serían los índices de fotosíntesis neta en las plantas. Esto se condice con lo observado en la presente investigación, donde la radiación más baja se registró el 11-03-2022, mismo periodo en el que se observó el valor más bajo de asimilación neta en el cv. Santina.

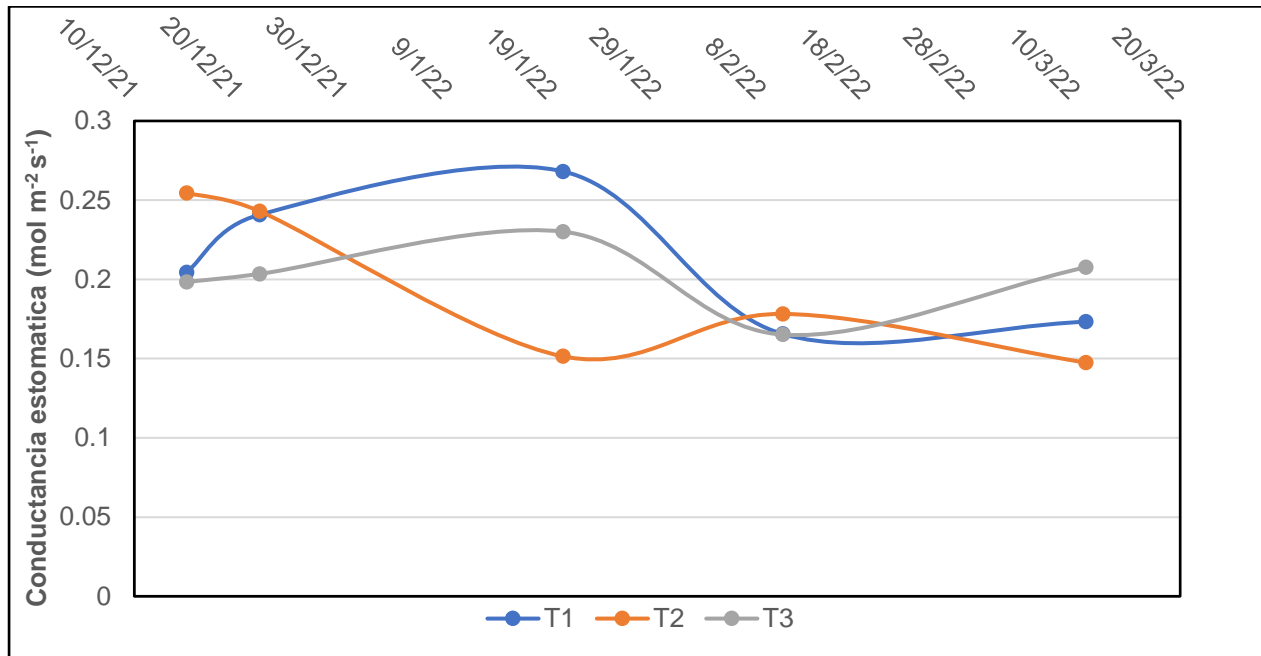
Se puede observar que en la información obtenida durante la fecha del 22/12/2021, el tratamiento T2 presentó el mayor valor de asimilación neta, la cual fue disminuyendo paulatinamente durante la temporada. En cuanto a T1 se observa un aumento sostenido hasta la tercera fecha de medición (20/01/2022), para posteriormente disminuir en la temporada. Estos resultados muestran que en períodos de alta temperatura durante el verano el tratamiento T1, presentaría los mayores valores de asimilación neta en comparación con el resto de los tratamientos.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los obtenidos por Cornejo (2020) y Navarro (2021), en donde el tratamiento T1 registró los valores más altos de asimilación neta en condiciones de estrés abiótico importantes. Estos resultados muestran una importante mejora en la tasa de asimilación al utilizar Diformil Urea, posicionándolo por tercera temporada como el mejor tratamiento que permitiría incrementar la tasa de asimilación neta bajo condiciones de estrés ambiental.

5.3.4 Conductancia estomática

En la Figura 9, se presenta la evolución de la conductancia estomática de la hoja durante la temporada de ensayo. Al igual que en las variables fisiológicas evaluadas anteriormente, no se observan diferencias estadísticas en gran parte de la temporada. Sin embargo, al igual que en la figura anterior durante la tercera fecha de medición se observa cierta tendencia en beneficio de las plantas tratadas con Bio-Forge. Al respecto, el tratamiento con aplicación de Bio-Forge fue el que presentó el mejor comportamiento en cuanto a conductancia estomática, mostrando los valores más altos, especialmente en días despejados con alta demanda climática (alta radiación, altas temperaturas y baja humedad relativa). Este comportamiento se observa principalmente en la tercera fecha de monitoreo. Así, el tratamiento de Bio-Forge presenta una conductancia estomática promedio de 15 a 40% más alta que la registrada en el tratamiento testigo y tratamiento Rezist, respectivamente. Esta situación muestra el beneficio que tendría utilizar bio-estimulantes para incrementar variables fisiológicas como la conductancia estomática, especialmente en condiciones de alta demanda climática como la registrada durante el periodo de postcosecha.

Los resultados observados durante la presente investigación concuerdan con los obtenidos por Navarro (2021), en donde el tratamiento con aplicaciones de Diformil urea mostró los mejores resultados para cada una de las fechas de medición realizada en condiciones de fuerte restricción hídrica. Estos resultados evidencian que la Diformil urea fue el tratamiento que mostró la mejor respuesta de intercambio gaseoso ante condiciones de estrés.



Tratamiento	15/12/2021	22/12/2021	20/01/2022	10/02/2022	11/03/2022
T1	0,204433	0,240833	0,268133	0,165533	0,173267
T2	0,254533	0,242967	0,1514	0,1782	0,147433
T0	0,198367	0,203467	0,230133	0,165133	0,2077
Valor -p ANDEVA	0,7594	0,9374	0,3338	0,9822	0,6585
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Valor -p levene	0,364744	0,790984	0,678016	0,631701	0,866345
significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

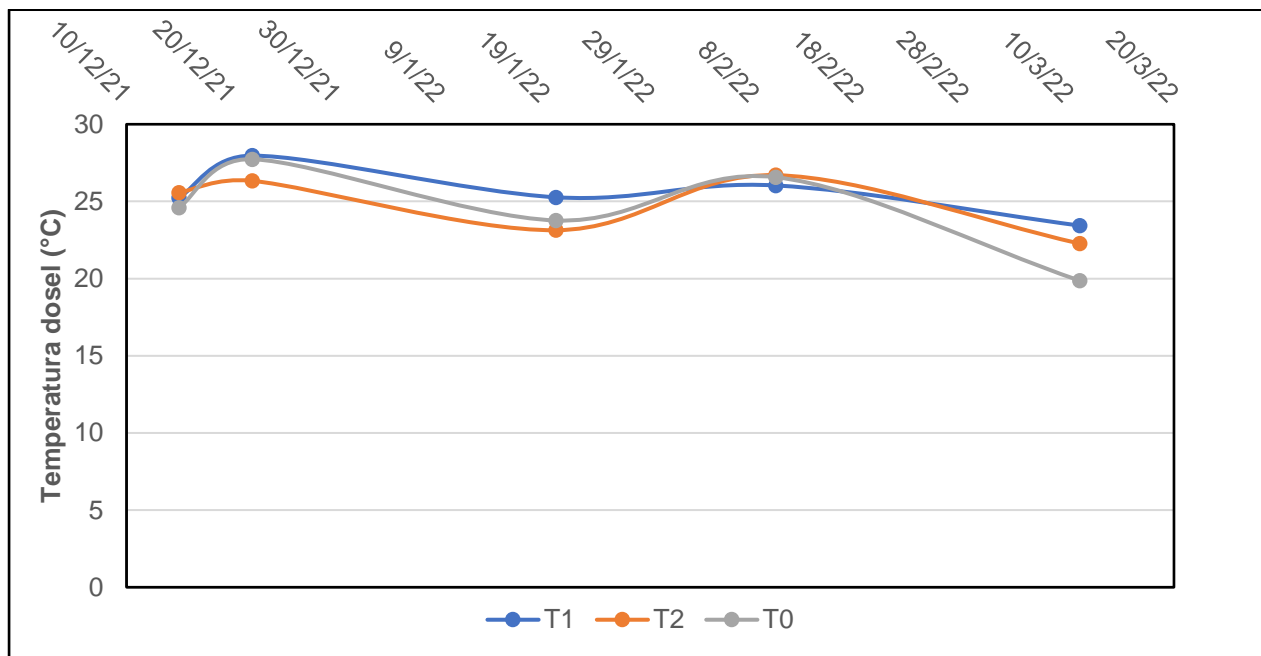
Figura 9. Curva de desarrollo de conductancia estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. *Santina*. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba Tukey 95%. *valor $-p < 0,005$; ** valor $-p < 0,001$; n.s no significativo.

A medida que aumenta el estrés hídrico, es decir el potencial xilemático se vuelve más negativo, se produce el cierre estomático y también se reduce la conductancia estomática en conjunto con la tasa transpiratoria (Yoon y Ritcher, 1990). Esto se puede observar el 10 de febrero de 2022, para el cv. *Santina*, donde se registró el estrés hídrico más elevado de la temporada y, por ende, los valores más bajos de conductancia estomática de las plantas.

La Diformil urea se compone de N y K_2O , la que bajo condiciones de estrés hídrico actúa inhibiendo la síntesis de etileno en la membrana plasmática, uniéndose a los receptores de etileno y desplazando este compuesto fuera de la célula (BioForge, 2019). Así, este tratamiento presentó la media más alta en la variable de conductancia estomática en cv. *Santina*, separándose del resto de los tratamientos, siendo el bio-estimulante con la mejor respuesta en plantas bajo estrés.

5.3.5 Temperatura

En la Figura 10, se observa la evolución de la temperatura foliar de la planta durante la temporada de ensayo. Al igual que los resultados presentados anteriormente, no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos durante el período de evaluación. En este ensayo se registra un rango general de información que fluctúan entre los **19,8 a 27,9** (°C). La fecha de mayor temperatura se registró el 22 de diciembre del 2021 para los tratamientos T1, T2 y T0 (27,9°C, 26,6°C, y 27,7°C, respectivamente). Al respecto, podemos señalar que en ninguna de las fechas de monitoreo se registraron valores elevados de temperatura de follaje, que pudieran estar indicando una condición deficiente en el manejo del riego de los tratamientos aplicados.



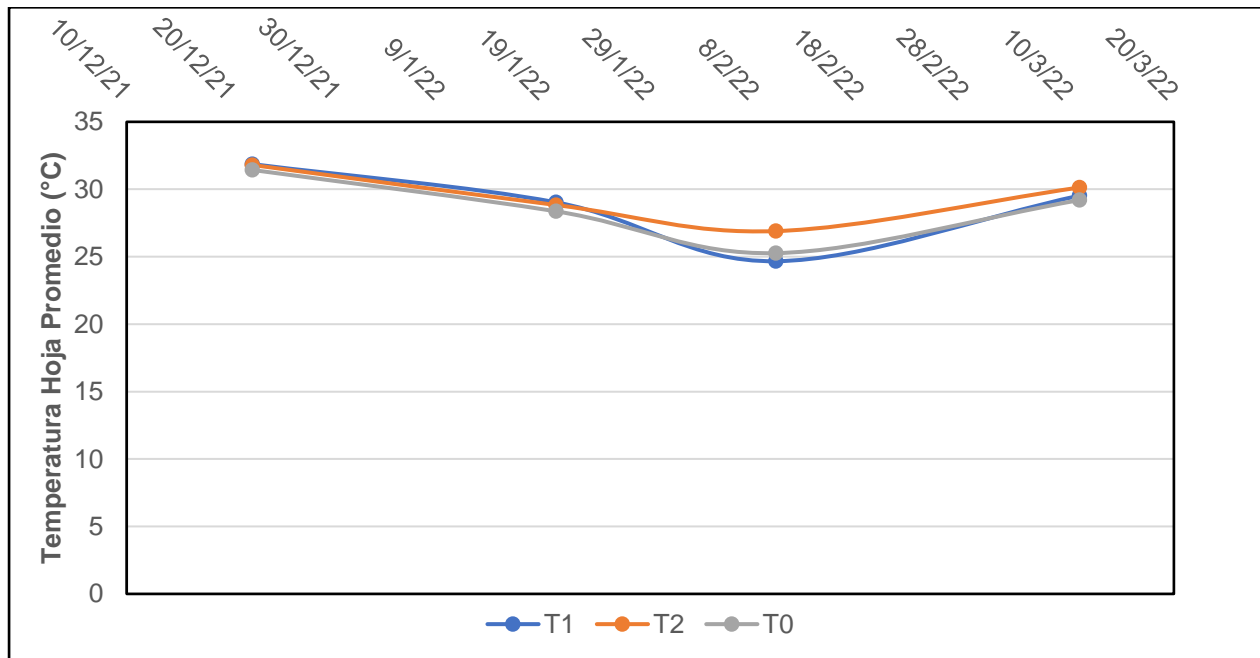
Tratamiento	15/12/2021	22/12/2021	20/01/2022	10/02/2022	11/03/2022
T1	25,2333	27,9667	25,2667	26,0333	23,433
T2	25,5667	26,333	23,1333	26,7	22,2667
T0	24,6	27,7333	23,7667	26,5667	19,8667
Valor -p ANDEVA	0,9168	0,6385	0,1530	0,8744	0,0704
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Valor -p levene	0,840484	0,826902	0,759725	0,950829	0,591681
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 10. Curva de desarrollo de Temperatura (°C) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. Santina. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba Tukey 95%. *valor -p<0,005; ** valor-p<0,001; n.s no significativo.

Los valores de temperatura muestran que para la primera fecha el T0 fue el que presentó el menor valor de temperatura. Para la segunda y tercera fecha T2 fue el que mostró los menores valores de temperatura y por último, las dos fechas siguientes de mediciones T0 fue el que presentó los valores de temperatura más favorables, lo que estaría indicando que los tratamientos utilizados no generarían una disminución en los valores de temperaturas para el cv Santina.

5.3.6 Temperatura promedio de la hoja.

En la Figura 11, se presenta la evolución de la temperatura promedio de la hoja durante la temporada de ensayo. Al igual que los resultados presentados anteriormente, no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados. En este ensayo se registra un rango general de información que fluctúan entre los **19,8 a 27,9 (°C)**. La fecha de mayor temperatura registró un rango que fluctuó entre los **24,6 a 31,8 (°C)**. La fecha donde se registraron las mayores temperaturas ocurrió el 22 de diciembre del 2021 para los tratamientos T1, T2 y T0 (31,8°C, 31,8°C, y 31,4°C, respectivamente). Adicionalmente, podemos señalar que tanto en la primera como en la última fecha se observa los valores más elevados de temperatura de hoja, incluso por encima de la temperatura ambiental, situación que estaría indicando una condición de manejo hídrico deficitario de los tratamientos en estudio.



Tratamiento	15/12/2021	22/12/2021	20/01/2022	10/02/2022	11/03/2022
T1	x	31,8	29,0	24,6	29,5
T2	x	31,8	28,8333	26,9	30,1
T0	x	31,4	28,3	25,3	29,2
Valor -p ANDEVA	x	0,9940	0,9172	0,4725	0,6542
Significancia	x	n.s	n.s	n.s	n.s
Valor -p levene	x	0,614688	0,404125	0,886601	0,922846
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s

Figura 11. Curva de desarrollo de T° Hoja(°C) durante las mediciones del ensayo (pre y postcosecha) en conjunto con análisis de varianza por fecha para el cv. Santina. Letras distintas indican diferencias entre los tratamientos según la prueba Tukey 95%. * valor -p<0,005; ** valor-p<0,001; n.s no significativo.

En comparación con los resultados obtenidos por Navarro (2021) el tratamiento T1 fue el que presentó los valores más bajos de temperatura de hoja, siendo nuevamente la Diformil urea el bioestimulante que presentó los mejores resultados en disminuir el estrés térmico en la planta. En el presente estudio se observan resultados similares, siendo la Diformil urea la que presentó los valores más bajos de temperatura de hoja, aunque no muy lejano a los valores de temperatura observado en los tratamientos T2 y T0.

Conclusión

- Para las variables fisiológicas evaluadas en el ensayo (potencial hídrico xilemático, conductancia estomática, asimilación neta y transpiración) no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sólo se observan ciertas tendencias de mejor comportamiento en los tratamientos donde se aplicaron bio-estimulantes (Diformil-urea y Ac. Salicílico).
- A pesar de lo expuesto en el punto anterior, el tratamiento con aplicación de Diformal-urea fue el que presentó el mejor comportamiento de planta, con valores numéricos superiores y favorables a los registrados por el tratamiento testigo (sin aplicación). Al respecto, estas diferencias deberían ser significativa bajo condiciones climáticas más restrictivas (alta temperatura ambiental, alta radiación y baja humedad relativa).
- Para la variable de temperatura de hoja y temperatura foliar tampoco se observaron diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos. El tratamiento T0 presento mejores valores de temperatura en tres de las cuatro fechas de medición evaluadas durante el ensayo.
- Los resultados anteriores muestran que la utilización Diformal-urea y Ac. Salicílico en este ensayo, tendría efectos positivos sobre las variables de estado hídrico e intercambio gaseoso de planta sobre todo en condiciones climáticas con alta demanda atmosférica.

BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO-OPAZO, C., ORTEGA-FARIAS, S. YFUENTES, 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.

ACEVEDO-OPAZO, C., TISSEYRE, B., OJEDA, H., ORTEGA-FARIAS, S., GUILLAUME, S., Is it possible to assess the spatial variability of vine water status *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 42, 203–219.

ALIAGA, O. 2017. Cerezos: escenario actual, desafíos y calidad de fruta, *Boletín técnico de Pomáceas*, Vol. 17, n°6. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca. Chile. 1 y 4 p.

ASOCIACION DE EXPORTADORES DE FRUTAS DE CHILE A.G. (ABRIL, 2022). Anuario Cerezas 2022, Mercado Internacional De Cerezas. <http://www.iqonsulting.com/yb/#>

ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES DE FRUTAS, ASOEX. 2021. EXPEDIENTE de Exportador, n°20. Recuperado en: < <http://www.asoex.cl>.> Consultado el 15 de abril de 2022.

BERNI, J., ZARCO-TAJADO, P., SEPULCRE-CANTÓ, G., FERERES, E. Y VILLALOBOS, F. 2009. Estimación de conductancia estomática y detección de estrés hídrico en vegetación mediante imágenes térmicas de alta resolución espacial obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado (UAV), *Teledetección: Agua y Desarrollo Sostenible*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. 1:25-28.

Bioestimulantes: An innovation in agriculture for coffee cultivation (*Coffea arabica* L). *J. Selva Andina Res. Soc.* vol.11 no.1

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ODEPA. (2019). Superficie plantada nacional, regional, numero de huertos e infraestructura frutícola. Recuperado a partir de <https://www.odepa.gob.cl/wpcontent/uploads/2019/01/Superficie-plantada-nacional-WEB.xlsx%0a>

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

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). 2012. La economía del cambio climático en Chile. Documento de proyecto. 363p.

CORREIA, 2018. Sweet cherry fruit cracking mechanism and prevention strategies: A review. *Scientia Horticulturae*,240 pp.369-377.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818304345>

CORNEJO, C.2020. Efectos de la utilización de cobertor y bioestimulantes sobre el comportamiento fisiológico de los cerezos cv.Lapins y Santina

DIAZ, A. (2019). Evaluación del estado hídrico e intercambio gaseoso en un huerto de cerezo (cv Santina) bajo cobertores plásticos de distinta densidad. julio 28, 2020, de Universidad de Talca, Facultad de ciencias

agrarias, escuela de agronomía. **DOMINGO A.M.S. (2009)**. La agricultura y su evolución a la agroecología. Obra propia du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196, 3-14.

ELLENA, M. (2006). Cultivo del cerezo para la zona sur de Chile. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33858.pdf>

ELLENA, M. (2012). Formación y Sistemas de Conducción del Cerezo Dulce. BOLETIN INIA, 247, pp.100-190.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2020. FAOSTAT Producción agrícola [online]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

fdf. (2010). **Ficha técnica variedades**. julio 28, 2020, de Programa de difusión tecnológica en cerezo Sitio web: [http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/10_fichas_variedades_cerez .pdf](http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/10_fichas_variedades_cerez.pdf)

FICHA TECNICA STOLLER. Revisada el 08 de junio de 2022 desde <https://www.stoller.cl/wp-content/uploads/2022/04/BIOFORGE01219.pdf>

GIL, G. 2009. Fruticultura: el Potencial Productivo, crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos. Cuarta edición actualizada. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Ediciones UC. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 32 p.

GONZALEZ, M., CANDAU, P. 1989. Contribucion a la palinologia de rosaceae. Acta Botánica Malacitana, Vol 14. 105 – 116p.

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

LEVITT, J. 1980. Responses of plants to evironmental stresses. Academic Press, New York, NY Long, L., Lang, G., Musacchi, S., y Whiting, M. 2015. Cerezos, sistemas de conducción, Department of Horticulture, Oregon State University; Washington State University; University of Idaho, USA. 64 p.

MALDONADO, F. (2017). La importancia de utilizar bioestimulantes hormonales en años de alta carga. junio 7, 2020, de Red Agrícola Sitio web: <http://www.stoller.cl/Publireportaje/PStoller.pdf>

MORALES, C. (2017). Manual de manejo agronómico del arándano. junio 7, 2020, de Instituto de Investigaciones Agropecuarias Sitio web: <https://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/06%20Manual%20Arandanos.pdf>

MORALES, P. 2017A. La importancia de utilizar bioestimulantes hormonales en años de alta carga, potenciando el crecimiento y desarrollo de nuestros frutos. Revista Redagrícola. Chile. 32 p.

- NAVARRO, L. 2021.** Evaluación del uso de bio-estimulantes sobre el comportamiento fisiológico del cerezo (*Prunus avium* L.) en los cultivares Santina y Lapins, con uso de cobertor. pp 21- 29
- ODEPA Y CIREN. 2019.** Catastro frutícola. Principales resultados. Región del Maule. Extraído de: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/catastros-fruticolas/catastro-fruticola-cirenodepa/attachment/catastromaule2019>. Consultado el: 6 de mayo de 2022
- ODEPA Y CIREN. 2021.** Catastro frutícola. Principales resultados. Región de Atacama. Extraído de: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/71118/Atacama202109.pdf>. Consultado el 28 de septiembre de 2022
- OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA). 2020.** Boletín de fruta fresca. Febrero 2020. Obtenido en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-febrero-de-2020>. Consultado el 19 de abril de 2022
- OLGA OCAMPO, 2011.** "El cambio climático y su impacto en el agro". Revista de Ingeniería, numero 33: 115-123. <https://doi.org/10.16924/revinge.33.11>
- PDT CEREZOS. 2010B.** Fichas técnicas variedades. Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF). Programa de difusión tecnológica en cerezos (PDT cerezos). Chile. 3 p.
- PALMA, F., LOPEZ-GOMEZ, 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.
- PORTAL FRUTICOLA, 2021.** Bio-Hold Nueva formulación: ¡Por que menos es mas ¡. Revisada el 8 de junio de 2022 desde <https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/09/07/bio-hold-nueva-formulacion-por-que-a-veces-menos-es-mas/>.
- PRASCH, C., & SONNEWALD, Y. 2015.** Signaling events in plants: Stress factors in combination change the picture. *Environmental and Experimental Botany*. 114: 4- 14. Doi: 10.1016/.envexpbot.2014.06.020
- QUIROZ, I. (2020).** Anuario 2019/2020 Mercado internacional de cerezas. junio 6,2020, de iQonsulting Sitio web: <http://www.iqonsulting.com/files/Anuario-Cerezas2020-iQonsulting-Final.pdf>
- RANGUEL, S., CASTRO, M., BELTRAN, E., REYES, H.Y GARCIA, E.2010.** El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas* 12(2): 90-95.
- ROGIERS, S., GREER, D., HATFIELD, J., HUTTON, R., CLARKE, S., HUTCHINSON, P., & SOMERS, A, 2012.** Stomatal response of an anisohydrix grapevine cultivar to evaporative demand, available soil, moisture and abscisic acid. *Tree Physiol*. 32: 249-261
- ROUPHAEL, YOUSSEF & COLLA, GIUSEPPE. (2020).** Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 11. 1-7. 10.3389/fpls.2020.00040.

- RUIZ-GARCÍA Y. Y GÓMEZ-PLAZA, E. (2013).** Elicitors: a tool for improving fruit phenolic content. *Agriculture*, 3(1), 33-52.
- SABORIO F. (2002).** Bioestimulantes en fertilización foliar. En; Meléndez, G. y Molina, E. (Eds.). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones*. Laboratorio de suelos y foliares. Universidad de Costa Rica. Costa Rica, 107 p
- SALAZAR, C., SELLES, G & MARFAN, G. (2019).** Cubiertas plásticas en uva de mesa. *BOLETIN INIA*, 402, pp- 17 – 40
- SANCHEZ, 2010.** El ácido salicílico y su participación en la resistencia en plantas. *Biología* 12(2), pp 90-95
- SAPIAINS, R. Y UGARTE, A. (2016).** Contribución de la psicología al abordaje de la dimensión humana del cambio climático en Chile (primera parte). Consultado el día 6 de mayo de 2022 en <https://www.redalyc.org/journal/180/18052925006/html/>
- SCHAFFER, B., Y ANDERSEN, P.C. 2018.** *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. CRC Press
- SEPULVEDA, A. Y ARENAS L. (2020)** Factor decisivo: Como afecto el estrés ambiental del verano al crecimiento del fruto en cerezos y manzanos. Practicas orientadas a reducirlo. Recuperado de <https://pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2021/10/Mundoagro-21.-Factor-decisivo.-A.-Sepulveda-y-L.-Arenas.pdf> en 6 de mayo de 2022.
- SMITH, E. 2021.** Caracterización fenotípica de 250 poblaciones de *Medicago sativa* en condiciones de clima Mediterráneo. Consultado el 1 de junio de 2022 en: <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/12511/5/2021A000218.pdf>
- SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR, MILLER, H.L. (EDS.) 2007** *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Trabajo sobre el Cambio Climático, Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York (2007), p. 19 -91.
- SOLORZA, J. 2017.** Exportación de cerezas al mercado chino: Sociedad San Francisco Lo Garcés. Memoria para optar al título Magíster en control de gestión. Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 125 p
- SOTIROPOULOS 2014.** Efficacy of using rain protective plastic films against cracking of four sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars in Grece. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 2(6):1035-1040
- SOTO, P. A. (2017).** Cerezas, análisis de un mercado en expansión y recomendaciones de negocio para un caso aplicado. Universidad Federico Santa María. Recuperado de

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/22532/3560902048830UTFSM.pdf?sequence=1>
HYPERLINK

SPERRY, J.A., ADLER, F.R., CAMPBELL, G.S., Y COMSTOCK J.P. 1998. Limitation on plant water use by rhizosphere and xylem conductance: results from a model. *Plant, Cell and Environment*, 21: 347-359.

SQUEO, F & CARDEMIL, L. (2007). Transpiración. En *Fisiología Vegetal* (pp. 68 -81). La Serena, Chile: Ediciones Universidad de la Serena. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Transpiracion.pdf>

VEGA, S. 2011. Eficiencia fotoquímica en hojas de distintas edades en naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y vid (*Vitis vinífera* L.). Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 70p.

YHONY, V.-L., JOSSELYN, M.-Q., KAREN, Q.-Q., ALFREDO, C.-L., WILLIAMS, M.-G., JULIO, G.- O., (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arábica* L).