

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MICRORIEGO PARA EL PREDIO
SANTA MAGDALENA, SECTOR LOS NICHES, CURICÓ, REGIÓN DEL
MAULE

MATÍAS EDUARDO SÁEZ URIBE

PROYECTO DE TÍTULO
PRESENTADO A LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN,
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AGRÍCOLA.

CHILLÁN-CHILE

2023

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MICRORIEGO PARA EL PREDIO
SANTA MAGDALENA, SECTOR LOS NICHES, CURICÓ, REGIÓN DEL
MAULE**

Aprobado por:

Camilo Souto Escalona
Ingeniero Civil Agrícola, Dr.
Profesor Asistente

Profesor Guía

Eduardo Holzapfel Hoces
Ingeniero Agrónomo PhD.
Profesor Emérito

Profesor Co-Guía

Nicole Uslar Valle
Ingeniero Civil Agrícola, PhD.
Profesor Asistente

Profesor Asesor

José Luis Arumí Ribera
Ingeniero Civil, PhD.
Profesor Titular

Director Departamento

María Eugenia González
Ingeniero Agrónomo, PhD.
Profesor Asociado

Decana

Dedicada a mis padres Eduardo y Lorena por su amor, apoyo y entendimiento, mi hermana Camila por darme fuerzas, a mis amigos de infancia/colegio/universidad, a mi profesor guía Dr. Camilo Souto Escalona y profesor co-guía Eduardo Holzapfel Hoces a quienes admiro mucho.

Agradecimientos

Los agradecimientos a mis profesores guía Dr. Camilo Souto Escalona y co-guía Eduardo Holzapfel Hoces por su enseñanza, apoyo, orientación y paciencia. Además, deseo expresar mi profundo agradecimiento al Departamento de Recurso Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, al Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería CRHIAM ANID/FONDAP/15130013, al Consorcio Tecnológico del Agua COTH2O (Proyecto Corfo 2OCTECGH-145896) y a la empresa SOLFRUT por su apoyo en la realización de esta investigación.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Pagina
1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 OBJETIVO GENERAL	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. ANTECEDENTES GENERALES.....	8
4. METODOLOGÍA.....	9
4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.	9
4.2 SELECCIÓN DE LAS SUBUNIDADES Y EMISORES A EVALUAR.	10
4.3 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS.....	12
4.4 PARÁMETROS FÍSICOS HÍDRICOS DEL SUELO.	14
4.5 DETERMINACIÓN DEL ÁREA HUMEDECIDA.	14
4.6 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE RIEGO.	15
4.6.1 <i>Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC):</i>	<i>16</i>
4.6.2 <i>Eficiencia de aplicación (EA):.....</i>	<i>17</i>
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	18
5.1 PARÁMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DEL SUELO.....	18
5.2 RIEGO ACTUAL.....	20
5.3 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL SUELO.	21
5.4 VOLUMEN APLICADO Y VOLUMEN REQUERIDO POR LA PLANTA.	23
5.4.1 <i>Análisis de riego en cerezos.</i>	<i>23</i>
5.4.2 <i>Análisis de riego en manzanos.</i>	<i>27</i>
5.5 VOLUMEN DE AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA.	29
5.5.1 <i>Análisis de riego en cerezos</i>	<i>29</i>
5.5.2 <i>Análisis de riego en manzanos</i>	<i>33</i>
5.6 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL RIEGO.....	36
5.6.1 <i>Calidad de riego en cerezos</i>	<i>37</i>
5.6.2 <i>Calidad de riego en manzanos ¡Error! Marcador no definido.</i>	<i>37</i>
6. CONCLUSIONES	42
7. LITERATURA CITADA.....	45

8. ANEXOS..... 47

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS.	9
TABLA 2. SUBUNIDADES EVALUADAS EN EQUIPO 1 Y EQUIPO 2.....	10
TABLA 3. PARÁMETROS FÍSICO-HÍDRICOS ENTREGADOS POR LABORATORIO DE SUELO Y PLANTAS DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN.	18
TABLA 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS EMISORES PARA CADA EQUIPO DE RIEGO, DESCRIBIENDO, SECTOR ANALIZADO, TIPO DE BOQUILLA PREDOMINANTE, PRESENCIA DE ANTI-MIST, CAUDAL PROMEDIO (Q_p), PRESIÓN DE OPERACIÓN PROMEDIO (P_p) Y DIÁMETRO DE HUMEDECIMIENTO.	21
TABLA 5. CARACTERIZACIÓN DE LOS SECTORES PARA DETERMINAR ÁREA MOJADA Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL SUELO (V. MAX RETENIDO), LA PEDREGOSIDAD SE ESTIMÓ VISUALMENTE DESDE LAS FIGURAS 2A, 3A, 4A, 5A, 6A Y 7A RESPECTIVAMENTE.	22
TABLA 6. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL RIEGO, EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA), EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN TOTAL (EDT) Y COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN (CUC).	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	8
FIGURA 2. SECTORES EVALUADOS.....	10
FIGURA 3. SELECCIÓN DE LATERALES Y EMISORES EN UNA SUBUNIDAD.....	11
FIGURA 4. MEDICIÓN DE CAUDAL.....	12
FIGURA 5. DETERMINACIÓN DEL REAL HUMEDECIDA A TRAVÉS DE GEOMETRÍA.....	15
FIGURA 6. RELACIÓN ENTRE VOLUMEN REQUERIDO (V. REQUERIDO), VOLUMEN ESTIMADO CON LAS IMÁGENES SATELITALES PARA CEREZOS (SATÉLITE) Y VOLUMEN APLICADO SEGÚN TIEMPOS Y FECHAS DE RIEGO (V. APLICADO) ENTREGADOS POR SOLFRUT PARA EL SECTOR G1 DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022.....	23
FIGURA 7. RELACIÓN ENTRE VOLUMEN REQUERIDO (V. REQUERIDO), VOLUMEN ESTIMADO CON LAS IMÁGENES SATELITALES PARA CEREZOS (SATÉLITE) Y VOLUMEN APLICADO SEGÚN TIEMPOS Y FECHAS DE RIEGO (V. APLICADO) ENTREGADOS POR SOLFRUT PARA EL SECTOR F1 DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022.....	24
FIGURA 8. RELACIÓN ENTRE VOLUMEN REQUERIDO (V. REQUERIDO), VOLUMEN ESTIMADO CON LAS IMÁGENES SATELITALES PARA CEREZOS (SATÉLITE) Y VOLUMEN APLICADO SEGÚN TIEMPOS Y FECHAS DE RIEGO (V. APLICADO) ENTREGADOS POR SOLFRUT PARA EL SECTOR B1 DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022.....	25

FIGURA 9. RELACIÓN ENTRE VOLUMEN REQUERIDO (V. REQUERIDO), VOLUMEN ESTIMADO CON LAS IMÁGENES SATELITALES PARA CEREZOS (SATÉLITE) Y VOLUMEN APLICADO SEGÚN TIEMPOS Y FECHAS DE RIEGO (V. APLICADO) ENTREGADOS POR SOLFRUT PARA EL SECTOR C1-2 DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022.....	26
FIGURA 10. RELACIÓN ENTRE VOLUMEN REQUERIDO (V. REQUERIDO), VOLUMEN ESTIMADO CON LAS IMÁGENES SATELITALES PARA MANZANOS (SATÉLITE) Y VOLUMEN APLICADO SEGÚN TIEMPOS Y FECHAS DE RIEGO (V. APLICADO) ENTREGADOS POR SOLFRUT PARA EL SECTOR F2 DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022.	27
FIGURA 11. RELACIÓN ENTRE VOLUMEN REQUERIDO (V. REQUERIDO), VOLUMEN ESTIMADO CON LAS IMÁGENES SATELITALES PARA MANZANOS (SATÉLITE) Y VOLUMEN APLICADO SEGÚN TIEMPOS Y FECHAS DE RIEGO (V. APLICADO) ENTREGADOS POR SOLFRUT PARA EL SECTOR C2 DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO 2021-2022.	28
FIGURA 12. COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO PARA EL SECTOR G1 DESTINADO A LA PRODUCCIÓN DE CEREZA..	29
FIGURA 13. COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO PARA EL SECTOR F1 DESTINADO A LA PRODUCCIÓN DE CEREZA. .	31
FIGURA 14. COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO PARA EL SECTOR B1 DESTINADO A LA PRODUCCIÓN DE CEREZA. .	32
FIGURA 15. COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO PARA EL SECTOR C1-2 DESTINADO A LA PRODUCCIÓN DE CEREZA...	33

FIGURA 16. COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO PARA EL SECTOR C2 DESTINADO A LA PRODUCCIÓN DE MANZANAS..	34
FIGURA 17. COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO DURANTE LA TEMPORADA DE RIEGO PARA EL SECTOR F2 DESTINADO A LA PRODUCCIÓN DE MANZANAS. .	36
FIGURA 18. EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA) PARA CADA EVENTO DE RIEGO DURANTE LA TEMPORADA 2021-2022 PARA LA SUBUNIDAD G1 DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE CEREZO.	37
FIGURA 19. EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA) PARA CADA EVENTO DE RIEGO DURANTE LA TEMPORADA 2021-2022 PARA LA SUBUNIDAD F1 DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE CEREZO.	38
FIGURA 20. EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA) PARA CADA EVENTO DE RIEGO DURANTE LA TEMPORADA 2021-2022 PARA LA SUBUNIDAD B1 DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE CEREZO.	39
FIGURA 21. EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA) PARA CADA EVENTO DE RIEGO DURANTE LA TEMPORADA 2021-2022 PARA LA SUBUNIDAD C1-2 DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE CEREZO.	40
FIGURA 22. EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA) PARA CADA EVENTO DE RIEGO DURANTE LA TEMPORADA 2021-2022 PARA LA SUBUNIDAD C2 DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE MANZANOS.	41
FIGURA 23. EFICIENCIA DE APLICACIÓN (EA) PARA CADA EVENTO DE RIEGO DURANTE LA TEMPORADA 2021-2022 PARA LA SUBUNIDAD F2 DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE MANZANOS.	42

ÍNDICE DE ECUACIONES

1. EVAPOTRANSPIRACION DE CULTIVO	12
2. EVAPOTRANSPIRACION PARA MANZANOS	13
3. EVAPOTRANSPIRACION PARA CEREZOS	13
4. AREA HUMEDECIDA POR EL EMISOR	14
5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CRISTIANSEN.....	16
6. LEY DE CONSERVACION DE LA MASA.....	17
7. VOLUMEN DE AGUA EN EL SUELO	17
8. EFICIENCIA DE APLICACIÓN	18

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MICRORIEGO PARA EL PREDIO
SANTA MAGDALENA, SECTOR LOS NICHES, CURICÓ, REGIÓN DEL
MAULE.**

**EVALUATION OF THE MICRO-IRRIGATION SYSTEM FOR THE SANTA
MAGDALENA FARM, LOS NICHES SECTOR, CURICÓ, MAULE REGION.**

Palabras claves: Eficiencia, microriego, calidad de riego

RESUMEN

Se evaluaron 2 sistemas de microriego pertenecientes al predio Santa Magdalena, de la Empresa SOLFRUT, ubicado a 12 km al este de la ciudad de Curicó, región del Maule, en donde se determinaron parámetros de uniformidad y eficiencia de aplicación asociado al manejo y funcionamiento actual del riego.

En cada equipo se evaluaron 3 sectores siguiendo las pautas de medición establecidas en investigaciones previas. Los parámetros medidos fueron, caudal de los emisores y tiempos de riego permitiendo determinar el volumen de agua aplicado para compararlo con el volumen requerido por la planta. También, se determinaron las características físicas del suelo para conocer la capacidad de retención de agua utilizando este valor como condición de borde para desarrollar el balance de masa. Además, se determinó la evapotranspiración real del cultivo utilizando imágenes satelitales.

Los valores de coeficiente de uniformidad estuvieron en un rango superior a 80% para todos los sectores evaluados, sin embargo, la eficiencia de

aplicación muestra una gran variabilidad con valores, desde 60 a 100%. Es importante mencionar que la eficiencia de aplicación disminuyó de forma importante para el periodo de máxima demanda debido fundamentalmente al inadecuado manejo de riego asociado a tiempo y frecuencia.

En general los problemas de manejo de riego que provocaron niveles de aplicación de agua incorrectas se deben fundamentalmente a que no se consideró en forma sistemática la capacidad de retención del suelo en la zona radicular de extracción. Esto se refleja en las mediciones de evapotranspiración desde imágenes satelitales.

EVALUATION OF THE MICRO-IRRIGATION SYSTEM FOR THE SANTA MAGDALENA FARM, LOS NICHES SECTOR, CURICÓ, MAULE REGION.

Keywords: Efficiency, micro-irrigation, irrigation quality,

SUMMARY

Two irrigation systems at the Santa Magdalena farm, of SOLFRUT Company, located 12 km east of the Curicó city, Maule region, were evaluated, considering uniformity and application efficiency parameters associated with the irrigation management and its current operation.

In each system, 3 sectors were evaluated following the measurement procedure established in previous research. The parameters measured were the flow of emitters and irrigation times, allowing us to determine the volume of water applied to compare it with the volume required by the plant. Also, the physical characteristics of the soil were determined to know the water retention capacity, using this value as a boundary condition to determine the mass balance. In addition, the actual evapotranspiration of the orchards was determined using satellite images.

The uniformity coefficient values ranging above 80% were obtained for all the sectors evaluated; however, the application efficiency shows great variability in its values, from 60 to 100%. It is also important to mention that the application efficiency decreased significantly for the period of maximum demand, mainly due to inadequate irrigation management associated with time and frequency.

In general, irrigation management problems that generated improper water applications are mainly related to the fact that the soil water retention capacity in the extraction root zone was not systematically considered. This was concluded as compared with the actual evapotranspiration measurements from satellite image

1. INTRODUCCIÓN

El agua, compone el 80% de la mayoría de los organismos y desempeña una importante labor en todas las reacciones físicas y químicas, interviniendo masiva y decisivamente en la realización de sus procesos metabólicos; asimismo, desempeña un importante papel en la fotosíntesis de las plantas convirtiéndose en el elemento natural más importante de la Tierra.

El riego es una de las prácticas de manejo más antiguas que existe para reponer el déficit de agua a los cultivos. El riego busca suplir el déficit de humedad en el suelo producto de la falta de precipitación, compensando la demanda de agua de la planta, que comúnmente se relaciona con la evapotranspiración. Esta práctica nos permite incrementar la producción del cultivo si se realiza de forma oportuna y adecuada. Por ello se han desarrollado sofisticados sistemas de riego que pueden alcanzar altas eficiencias teóricas de aplicación para un mejor uso del agua con el objetivo de hacer un uso sustentable del recurso.

Los sistemas de microriego presentan una distribución del agua con una eficiencia mayor al 90% cuando el sistema se encuentra diseñado y operado óptimamente, generando un escenario idóneo para la planta al crear un patrón de bulbo húmedo controlado tanto en área como en profundidad de humedecimiento. Esto podría minimizar las pérdidas de agua por evaporación y percolación profunda. Los sistemas de microriego, como goteo, microaspersión y microjet, son muy versátiles permitiendo manejar diversos

frutales en adversas condiciones de topografía, capacidad de acumulación, velocidad de infiltración, velocidades de viento, entre otras.

El óptimo funcionamiento de un sistema no depende únicamente de un buen diseño y de una tecnología de punta, también es importante el correcto funcionamiento y operación de los equipos, por ello el responsable del riego debe comprender e interactuar con las nuevas tecnologías y debe ser capaz de desarrollar y conocer el óptimo funcionamiento de los equipos. Por lo tanto, es fundamental conocer el estado y funcionamiento de los diferentes equipos que constituyen el sistema de riego, determinar el nivel de eficiencia de operación de los equipos y determinar la calidad del riego. Por esto el objetivo general de esta investigación es evaluar el manejo y operación de los sistemas de microrriego en el predio Santa Magdalena, ubicado en el sector Los Niches, Curicó, región del Maule. Específicamente, se evaluará la cantidad de agua aplicada en los sectores de riego cercano, lejano y medio del equipo de bombeo. La demanda del frutal se analizará con la estación meteorológica San Jorge, cercana al sitio de estudio y se utilizará la evapotranspiración real obtenida mediante imágenes satelitales. Finalmente, se analizará la capacidad de retención del suelo para asociarla con el volumen aplicado, generando así una evaluación del manejo actual.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el manejo y operación de los sistemas de microrriego en el predio Santa Magdalena, ubicado en el sector Los Niches, Curicó, región del Maule.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la cantidad de agua aplicada y la demanda del Cerezo y Manzano en el equipo 1 y 2.
- Analizar la capacidad de retención del suelo y asociarla con el volumen aplicado por el equipo 1 y 2.
- Evaluar las condiciones de operación y manejo del sistema de microrriego.

3. Antecedentes generales

El estudio se llevó a cabo entre la segunda y tercera semana de marzo 2022, en el predio Santa Magdalena De la empresa SOLFRUT, ubicado en el sector los niches, Curicó, región del Maule.

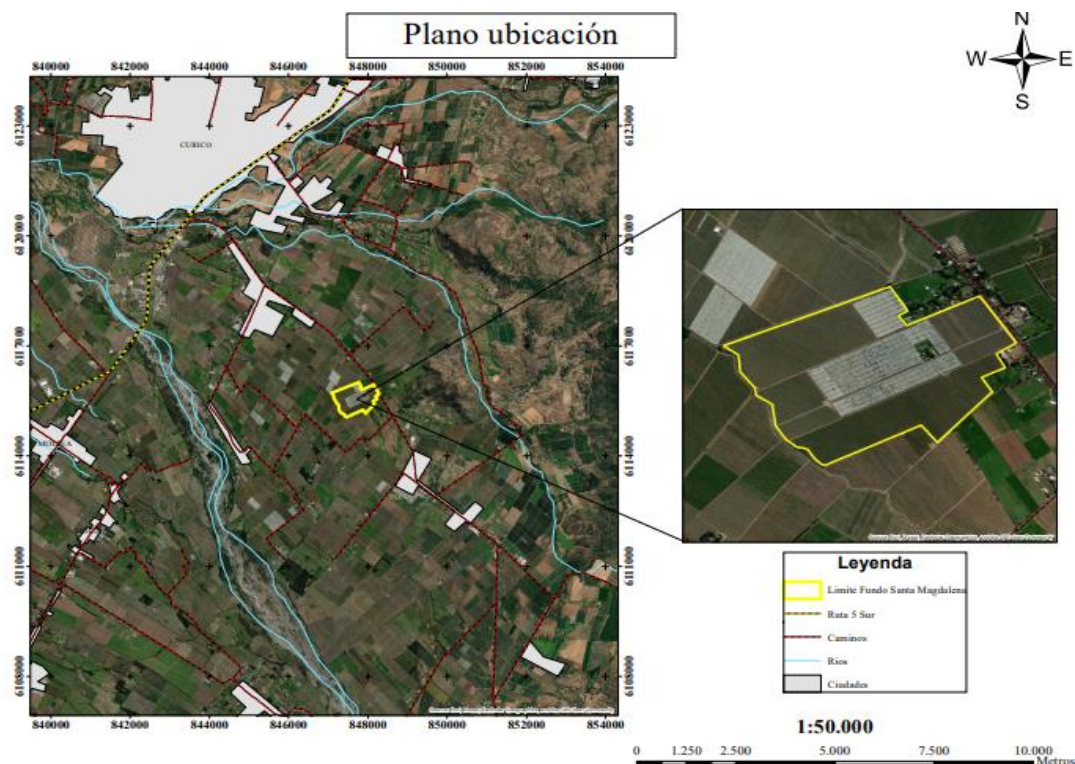


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

La zona de estudio cuenta con una condición climática del tipo Templado Cálido supra termal. Sus temperaturas varían entre un máximo en enero de 29,6°C (máx. de 30,2 °C y mín. de 29 °C dentro del distrito) y un mínimo en julio de 3,8 °C (máx. de 4,3 °C y mín. de 3,4 °C dentro del distrito). Tiene un promedio de 227 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 16 heladas.

La precipitación media anual es de 756 mm y un período seco de 7 meses, con un déficit hídrico de 1.025 mm/año. El período húmedo dura 4 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 305 mm (Santibáñez, 2017).

El predio cuenta con aproximadamente 50 ha, de las cuales 22 ha son destinados a la producción de manzanas y 26 ha a la producción de cerezas, ambos cultivos se encuentran bajo microaspersión.

4. Metodología.

4.1 Descripción del sistema de riego.

El riego se realiza con el método de microaspersión aplicando de forma frecuente pequeñas cantidades de agua al suelo a través de dispositivos especiales denominados emisores, una red de tuberías y un sistema presurizado conformado por diferentes componentes, el predio cuenta con 2 equipos de riego descritos en tabla 1.

Tabla 1: Caracterización de los equipos.

Nombre del equipo	Pt. Motor (Hp)	Bomba	Diámetro Rodete (mm)	Filtro	Nº filtros	Modelo de emisor	Nº sectores
Equipo 1	25	Vogt 628	200	AMIAD 3000	3	Dan modular	8
Equipo 2	25	Vogt 628	200	AMIAD 3000	3	Dan modular	6

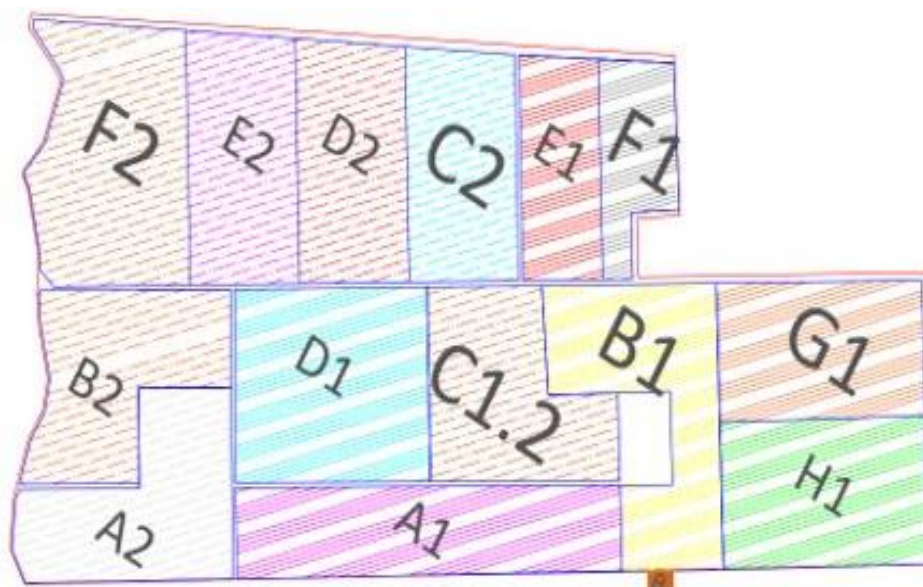
En cada equipo de riego se analizaron 3 subunidades descritas en Tabla 2.

Tabla 2. Subunidades evaluadas en Equipo 1 y Equipo 2.

Nombre del equipo	Sector	Ubicación	Superficie (ha)	Marco plantación	Emisores por planta	Q. nominal emisor (L hr ⁻¹)	Tipo de Frutal
Equipo 1	B1	cercana	3,68	2,5 X 4,5	1	33	Cerezo
	G1	Media	3,27	1,5 X 3,5	1	33	Cerezo
	F1	Lejana	1,9	2,5 X 4,5	0,5	63	Cerezo
Equipo 2	C1.2	cercana	3,44	2,5 X 4,5	1	33	Cerezo
	C2	Media	3,64	1,2 X 3,5	0,33	33	Manzano
	F2	Lejana	4,45	1,2 X 3,5	0,33	33	Manzano

4.2 Selección de las subunidades y emisores a evaluar.

Se analizaron tres sectores en cada sistema de riego, ubicadas a distancias cercanas, medio y lejano con respecto al cabezal de control, como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** Sectores evaluados

Fuente: Elaboración propia.

En cada subunidad se evaluó con respecto a la válvula de control. Cada evaluación estuvo compuesta de tres laterales contiguos evaluando un total de nueve laterales por subunidad. En cada lateral se evaluó al inicio, mitad y final y en cada posición se evaluaron tres emisores contiguos, como se muestra en la Figura 3.

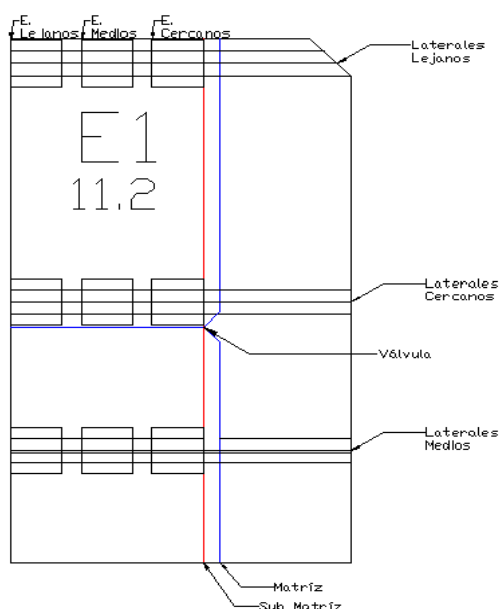


Figura 3. Selección de laterales y emisores en una subunidad (Holzapfel et al., 2020).

El caudal del emisor se midió a través del método volumétrico ($L h^{-1}$), recolectando el agua entregada durante 1 minuto (tiempo suficiente para

obtener un volumen medible de forma visual en una probeta de 1 L).



Figura 4. Toma de muestras de caudales en emisores. Fuente: Elaboración Propia.

Para la toma de datos se creó una planilla de registro que se muestra en la Figura 1A.

4.3 Requerimientos hídricos.

Los requerimientos hídricos del cultivo se estimaron en base al modelo propuesto por Holzapfel (1998), el cual relaciona la evapotranspiración de referencia, el porcentaje de sombreado al medio día solar en función del estado fenológico de la planta y factores propios del frutal. La evapotranspiración de cultivo se obtuvo utilizando la Ecuación 1.

$$ET_c = ET_r * (F1 * P + F2) \quad (1)$$

Donde ET_c es la evapotranspiración de cultivo (mm día^{-1}), $F1$ es el parámetro característico para el frutal, $F2$ es un parámetro característico

para el tipo de riego, P es el porcentaje de sombreado al medio día solar y ET_r corresponde a la evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}).

Para la estimación de ET_c se asume un P de 70% ya que el huerto cuenta con árboles frutales adultos. La ET_r se determinó desde la estación meteorológica San Jorge, Los Niches la cual está incorporada en la red de estaciones agrometeorológica de Chile.

El predio cuenta con cultivos de cerezo y manzanos para los cuales se asume un factor propio del frutal F_1 igual a 1,27 y 1,24 respectivamente, ambos bajo microaspersión para el cual el factor F_2 se asume como 0,25, la evapotranspiración de referencia se obtuvo desde la estación meteorológica San Jorge Los Niches, Curicó. Los cultivos establecidos de manzanos y cerezos presentan un estado fenológico adulto y con una densidad alta, por lo tanto, la evapotranspiración de cultivo queda expresada de la forma.

$$\text{Manzanos: } ET_c = ET_r * (1,24 * 0,7 + 0,25) \quad (2)$$

$$\text{Cerezos: } ET_c = ET_r * (1,27 * 0,7 + 0,25) \quad (3)$$

Luego el volumen de agua requerido por la planta se obtiene del producto entre la evapotranspiración de cultivo y el marco de plantación establecido en cada sector.

4.4 Parámetros físicos hídricos del suelo.

Determinar las características físico-hídricas del suelo es importante para conocer la capacidad de retención de agua del suelo, asociada a la profundidad radical efectiva. La retención de agua en el suelo es el volumen de agua que puede almacenar el suelo, volúmenes de aplicaciones mayores provocan lixiviación y pérdidas de agua, fertilizantes y energía. Para el análisis de los parámetros físico-hídricos del suelo se realizó una calicata por sector. Al observar la calicata se tomaron dos muestras de suelo por calicata ya que se encontraban dos perfiles de suelo. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción.

4.5 Determinación del área humedecida.

Los sectores F1, F2 y C2 no presentan traslape entre emisores, por lo tanto, el área humedecida se obtendrá desde el producto del marco de plantación y el porcentaje de área humedecida en el marco de riego, este porcentaje se estimará con la siguiente expresión.

$$AH = N_e \frac{\pi * (DH)^2}{4 * B * R} * 100 \quad (4)$$

Donde, N_e corresponde al número de emisores (1), DH es el diámetro de humedecimiento observado en terreno, B corresponde a la distancia entre emisores y R corresponde a la distancia entre hileras.

El sector G1 presenta un leve traslape el cual fue analizado por geometría y no representa una mayor diferencia, por lo tanto, se obtiene de la misma forma.

En cuanto a B1 y C1.2 presentan traslape de emisores en sobre hilera por lo tanto el área real humedecida se obtiene por geometría comparando el diámetro de humedecimiento con el marco de riego, descrito en Figura 6.

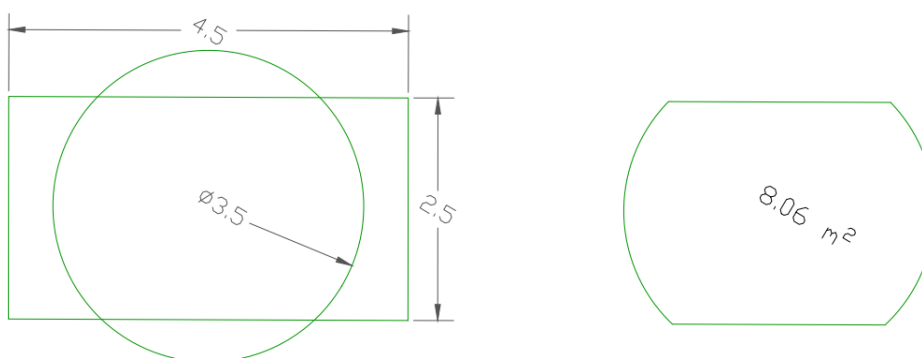


Figura 5. Determinación del área real humedecida a través de geometría.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Evaluación de la calidad de riego.

La calidad del riego es una medida que permite describir como se ha realizado el riego y su efectividad. De acuerdo a Holzapfel (2020), el agua aplicada durante el riego debe cumplir, entre otros, los siguientes requisitos:

- Suministrar a la planta el agua requerida;

- Distribución uniforme sobre el área de riego;
- No exceder la capacidad de almacenamiento de agua del perfil del suelo explorado por el sistema radical para impedir la percolación profunda y la contaminación de los acuíferos;
- Minimizar la erosión, la escorrentía superficial y el deterioro de la estructura del suelo.

La calidad del riego se ve afectada por la velocidad de infiltración, el caudal aplicado, el tiempo de riego, la humedad del suelo antes del riego, la variabilidad textural y estructural del suelo, las condiciones climáticas. Especialmente en riego por aspersión y microriego la presión, espaciamiento entre los emisores y la intercepción del cultivo podrían afectar la calidad del riego (Holzapfel, 1984).

4.6.1 Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC): este parámetro indica el grado de uniformidad con que es aplicada el agua en la superficie comparando la dispersión de los datos con respecto a la media de los caudales medidos (Durand, 2017). CUC puede calcularse de acuerdo con la Ecuación 5.

$$CUC(\%) = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \underline{X}|}{n * \underline{X}} \right] * 100 \quad (5)$$

Donde X_i es el caudal real del emisor ($L \cdot h^{-1}$), $\underline{X}$ es el Caudal promedio de los emisores evaluados ($L \cdot h^{-1}$) y n corresponde al número total de emisores evaluados.

4.6.2 Eficiencia de aplicación (EA): Se define como la razón entre el volumen de agua retenida en la zona radical después del riego y el volumen total de agua aplicada en un riego (ASCE, 1978 citado por Holzapfel 2020). La EA describe la fracción de agua aplicada en el riego que ha quedado almacenada en la zona radical y que es accesible para la planta.

Las pérdidas por el exceso de aplicación de riego se estimarán, similar a Martínez (2009), a partir de un balance de masa diario durante la temporada de riego. La Ecuación 6 se basa en la ley de conservación de la masa, expresada como:

$$m_e - m_s = \Delta S \quad (6)$$

Donde m_e es la masa que entra al sistema, m_s es la masa que sale del sistema y ΔS es la masa acumulada en el sistema.

Asumiendo la zona radical efectiva como un sistema, los riegos como masa de entrada y los requerimientos por planta por día como masa de salida. Así la Ecuación 7 puede re-escribirse como:

$$\begin{aligned} V_i &= V_{i-1} + V_A - V_R & \text{si } V_{i-1} + V_A - V_R < V_r \\ V_i &= V_r & \text{si } V_{i-1} + V_A - V_R \geq V_r \end{aligned} \quad (7)$$

Donde V_i es el volumen de agua en el suelo ($L \text{ planta}^{-1}$), V_{i-1} es el volumen de agua en el suelo antes del riego ($L \text{ planta}^{-1}$), V_A es el volumen de agua aplicado en el riego ($L \text{ planta}^{-1}$), V_R es el volumen requerido por

la planta ($L \text{ planta}^{-1}$) y V_r es el volumen total de agua que puede almacenar el suelo ($L \text{ planta}^{-1}$).

Para la determinación de EA, se evaluó la precipitación y evapotranspiración anual y de acuerdo con este análisis se asumirá que la temporada de riego comienza con el suelo a capacidad de campo. Adicionalmente, las precipitaciones durante la temporada de riego no son significativas por lo que se desprecian en el balance de masa (Ecuación 9). Finalmente, la EA puede expresarse como:

$$EA = \frac{V_r}{V_{i-1} + V_A} * 100 \quad (8)$$

Donde EA es la eficiencia de aplicación (%), V_r es el volumen total de agua que puede almacenar el suelo ($L \text{ planta}^{-1}$), V_{i-1} es el volumen de agua en el suelo antes del riego ($L \text{ planta}^{-1}$), V_A es el volumen de agua aplicado en el riego ($L \text{ planta}^{-1}$).

5. Resultados y discusión.

5.1 Parámetros físico-hídricos del suelo.

A continuación, se muestran los parámetros físico-hídricos de suelo analizados durante el desarrollo de este estudio (Tabla 2).

Tabla 3. Parámetros físico-hídricos entregados por laboratorio de suelo y plantas de la Universidad de Concepción.

Sector	Estrata	Textura	Da (Mg cm ⁻³)	CC (%)	PMP (%)	Volumen retenido (L m ⁻²)
G1	0-40	Franco Arcillo Arenoso	1,28	26,13	14,97	57,1
	40-90	Franco Arenoso	1,26	28,35	18,03	65,0
F1	0-30	Franco Arenoso	1,31	20,23	13,07	28,1
	30-70	Areno Francoso	1,47	16,77	10,99	59,5
B1	0-50	Franco Arcilloso	1,23	30,12	16,33	84,8
	50-90	Franco Arenoso	1,33	21,89	14,99	36,7
F2	0-40	Franco Arcilloso	1,25	32,45	18,31	70,7
	40-90	Franco Arenoso	1,3	21,63	13,89	50,3
C2	0-40	Franco Arcilloso	1,27	30,63	18,99	59,1
	40-90	Franco Arenoso	1,3	22,07	14,01	52,4
C1.2	0-50	Franco Arcilloso	1,25	35,04	21,78	82,9
	50-90	Franco Arenoso	1,28	22,57	14,89	39,3

De Tabla 2 se observa que el predio cuenta con suelos de la familia Francos que poseen buenas características agronómicas. Los sectores G1, B1, F2, C2 y C1.2 poseen texturas de suelo similares, encontrando un primer perfil con mayor presencia de arcilla (franco arcilloso) reteniendo un mayor volumen de agua por volumen de suelo con respecto a la segunda estrata, la cual posee una mayor presencia de arena (franco arenoso). Sin embargo, entre los sectores los perfiles de suelo presentan diferentes profundidades, provocando diferentes volúmenes de retención de agua, es por esto que los sectores necesitan tiempos, frecuencias y manejos de riego diferenciados.

Por otra parte, los manzanos están cubiertos por una malla monofilamento de color perla durante la temporada de riego, esta malla permite disminuir los daños por golpe de sol y según Umanzor (2015) la radiación

fotosintéticamente activa (PAR) y la radiación ultravioleta (UV) disminuye notablemente bajo malla, también las mallas con colores de hilo claro (rojo, amarillo, blanco, perla, etc.) poseen una mayor capacidad de descomponer la radiación PAR directa en difusa, creando una condición de día parcialmente nublado disminuyendo la temperatura de los frutos y del suelo, concluyendo que la evapotranspiración del suelo se ve ampliamente afectada por el uso de mallas, respaldado por una investigación en Italia, sobre la utilización de malla Gris al 30% en huertos de manzanos, la cual, estaría disminuyendo la cantidad de agua evaporada desde el suelo en un 16% para el periodo más cálido del día, también un estudio realizado por el INIA en vides de mesa cultivadas en 3 localidades del valle del Elqui indica que las mallas en promedio disminuyen en un 20% los requerimientos hídricos de los cultivos al aumentar la proporción de radiación difusa y disminuir la temperatura del aire (verdugo y Vásquez, 2022), por ello a modo de estudio se ha considerado una reducción del 15% en los requerimientos hídricos de los sector C2 y F2 correspondiente a manzanos bajo malla color perla.

5.2 Riego actual

Ambos equipos de riego utilizan emisores de tipo microaspersor de la marca naanDanJain, modelo Dan modular con diferentes diámetros de boquilla en la mayoría de los casos con anti-mist verde. Durante el aforo de los emisores se observa que dentro de los laterales también existen

diferentes diámetros de boquillas provocando que la distribución del agua en las plantas no se realice de manera correcta. Los sectores más afectados son G1 con un 47% de boquillas marrón, un 43% de boquillas violetas y un 10% de boquillas grises como podemos observar en Tabla 1A (Anexo) y el sector C2 con un 68% de boquillas marrón, 16% de boquillas violetas, un 10% de boquillas marrón sin anti-mist y un 6% de boquillas grises como podemos observar en Tabla 2A (Anexo).

Tabla 4. Caracterización de los emisores para cada equipo de riego, describiendo, sector analizado, tipo de boquilla predominante, presencia de anti-mist, caudal promedio (Qp), presión de operación promedio (Pp) y diámetro de humedecimiento.

Equipo	Sector	Boquilla	Anti-mist	Qp (L h ⁻¹)	Pp (bar)	Diámetro humedecido (m)
Equipo 1	G1	Marrón	verde	31	1,6	3,5
	F1	Gris	sin	65	1,6	5
	B1	Marrón	sin	35	1,3	3,5
Equipo 2	F2	Marrón	verde	34	1,6	3,5
	C2	Marrón	verde	33	1,8	3,5
	C1.2	Marrón	verde	34	1,8	3,5

5.3 Capacidad de retención del suelo.

En manzanos las raíces con mayor capacidad de absorción se concentran en forma significativa en el primer tercio de la profundidad de crecimiento de las raíces, en las calicatas realizadas a los sectores F2 y C2 se observó que las raíces de los manzanos aún están presentes a los 1,2 m de

profundidad con una mayor concentración de raíces en los primeros 50 cm de suelo.

En las calicatas realizadas a los sectores C1.2, F1, G1 y B1 se observó que las raíces de los Cerezos aún están presentes a los 1,2 m de profundidad con una mayor concentración de raíces en los primeros 50 cm de suelo. A modo se estudió utilizo una profundidad radicular efectiva de 50 cm.

Tabla 5. Caracterización de los sectores para determinar área mojada y capacidad de retención del suelo (V. Max retenido), la pedregosidad se estimó visualmente desde las figuras 2A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A respectivamente.

Equipo	Sector	Marco de riego		Área mojada (%)	Marco plantación		Área mojada (m ²)	Pedregosidad (%)	V. Max retenido (L)
		B (m)	R (m)		Ds (m)	De (m)			
Equipo 1	G1	3	3,5	91,63	1,5	3,5	4,81	20%	262,5
	F1	5	4,5	87,27	2,5	4,5	9,82	30%	297,1
	B1	2,5	4,5	85,52	2,5	4,5	8,06	50%	266,8
	F2	3,6	3,5	76,36	1,2	3,5	3,21	0%	223,7
Equipo 2	C2	3,6	3,5	76,36	1,2	3,5	3,21	0%	203,0
	C1.2	2,5	4,5	85,52	2,5	4,5	8,06	40%	320,3

5.4 Volumen aplicado y volumen requerido por la planta.

5.4.1 Análisis de riego para el sector G1.

En la Figura 6 se muestran los resultados del sector G1 destinado a la producción de cerezos variedad Regina. Se observa que los volúmenes de agua aplicada durante los meses de noviembre y diciembre son generalmente mayores que el volumen requerido por la planta, por otro lado, en el mes de octubre los volúmenes aplicados generalmente son menores que el requerido por la planta.

Una vez terminada la cosecha (fines de diciembre) los volúmenes de agua aplicada son menores a la requerida por la planta llegando al final de la temporada (marzo), en ocasiones, sin eventos de riego. Además, las imágenes satelitales no reflejan una respuesta de la planta con respecto al volumen aplicado.

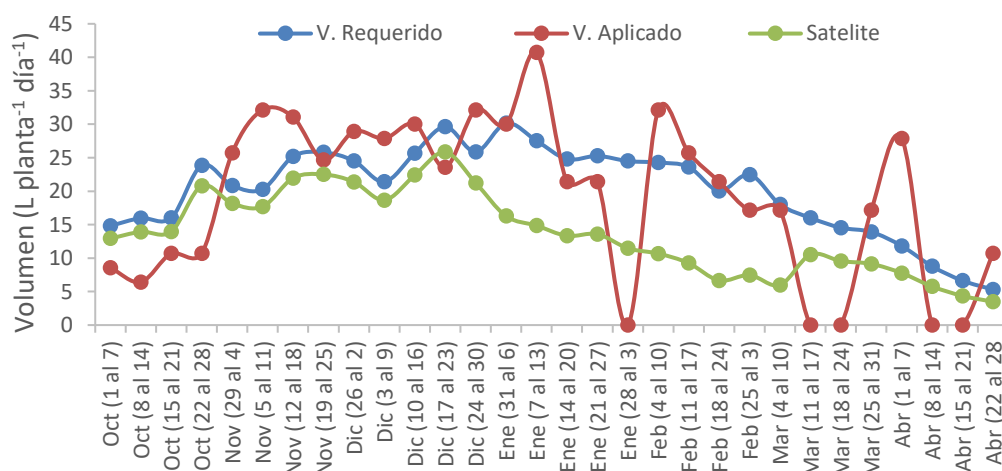


Figura 6. Relación entre volumen requerido (V. requerido), volumen estimado con las imágenes satelitales para cerezos (Satélite) y volumen aplicado según tiempos y fechas de riego (V. Aplicado) entregados por Solfrut para el sector G1 durante la temporada de riego 2021-2022.

5.4.2 Análisis de riego para el sector F1.

En la Figura 7 se muestran los resultados del sector F1 destinado a la producción de cerezos variedad Sweet Hearth. Se observa que los volúmenes de agua aplicada durante los meses de noviembre y diciembre son generalmente mayores que el volumen requerido por la planta, por otro lado, en el mes de octubre los volúmenes aplicados son menores que el requerido por la planta.

Una vez terminada la cosecha (fines de diciembre) los volúmenes de agua aplicada son menores a la requerida por la planta llegando al final de la temporada (marzo), en ocasiones, sin eventos de riego. Además, las imágenes satelitales no reflejan una respuesta de la planta con respecto al volumen aplicado.

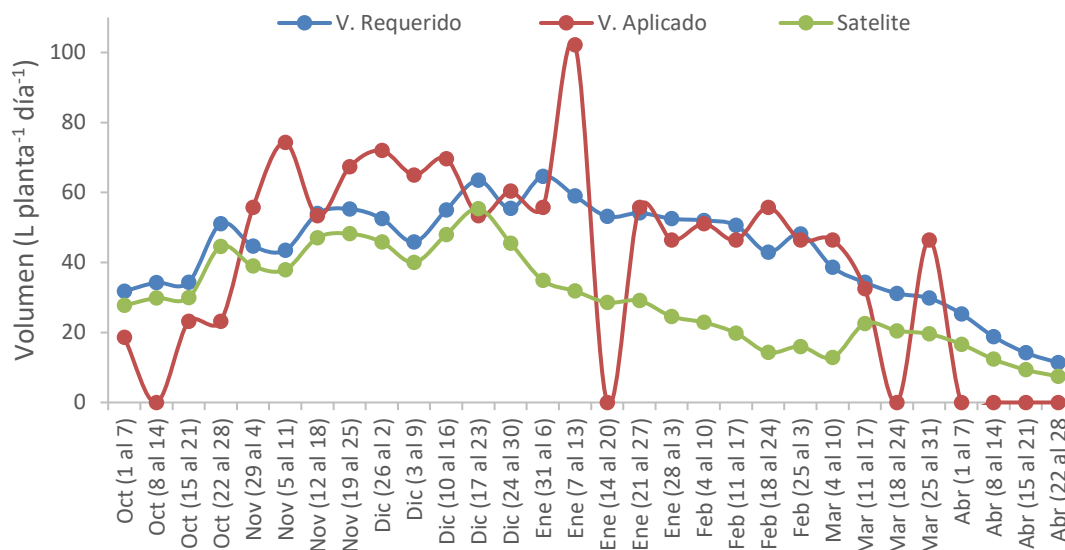


Figura 7. Relación entre volumen requerido (V. requerido), volumen estimado con las imágenes satelitales para cerezos (Satélite) y volumen aplicado según tiempos y fechas de riego (V. Aplicado) entregados por Solfrut para el sector F1 durante la temporada de riego 2021-2022.

5.4.3 Análisis de riego para el sector B1.

En la Figura 8 se muestran los resultados del sector B1 destinado a la producción de cerezos variedad Bing. Se observa que los volúmenes de agua aplicada durante los meses de noviembre y diciembre son generalmente mayores que el volumen requerido por la planta, por otro lado, en el mes de octubre los volúmenes aplicados son menores que el requerido por la planta.

Una vez terminada la cosecha (fines de diciembre) los volúmenes de agua aplicada son menores a la requerida por la planta llegando al final de la temporada (marzo), en ocasiones, sin eventos de riego. Además, las imágenes satelitales no reflejan una respuesta de la planta con respecto al volumen aplicado.

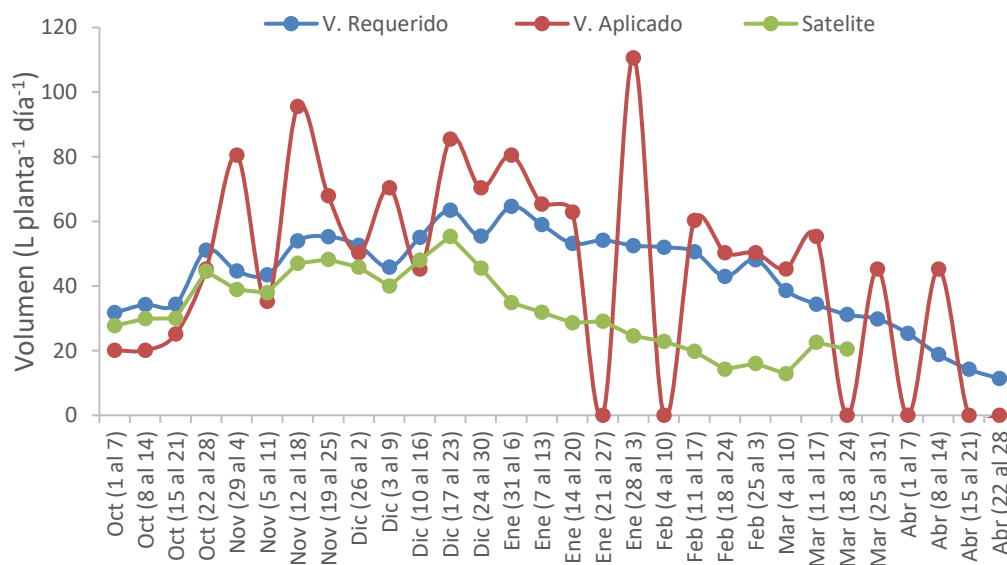


Figura 8. Relación entre volumen requerido (V. requerido), volumen estimado con las imágenes satelitales para cerezos (Satélite) y volumen aplicado (V. Aplicado) según tiempos y fechas de riego entregados por Solfrut para el sector B1 durante la temporada de riego 2021-2022.

5.4.4 Análisis de riego para el sector C1.2.

En la Figura 9 se muestran los resultados del sector C1.2 destinado a la producción de cerezos variedad Santina. Se observa que, a diferencia del resto de los sectores destinados a cerezos, los volúmenes de agua aplicada durante los meses de octubre, noviembre y diciembre son generalmente iguales o menores que el volumen requerido por la planta.

Una vez terminada la cosecha (fines de diciembre) los volúmenes de agua aplicada son menores a la requerida por la planta llegando al final de la temporada (marzo), en ocasiones, sin eventos de riego. Además, las imágenes satelitales no reflejan una respuesta de la planta con respecto al volumen aplicado.

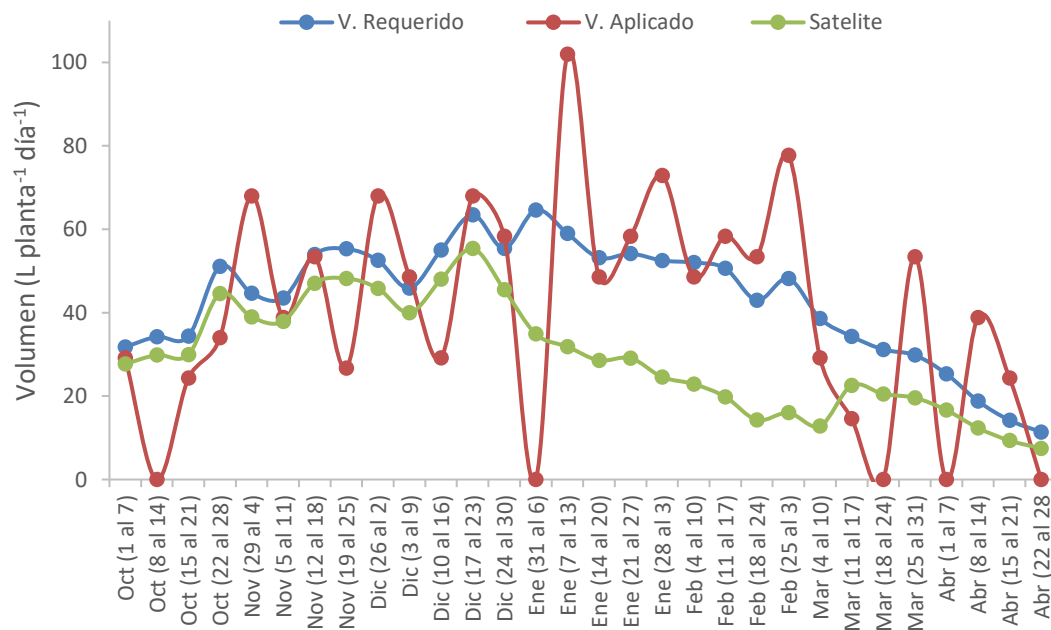


Figura 9. Relación entre volumen requerido (V. requerido), volumen estimado con las imágenes satelitales para cerezos (Satélite) y volumen aplicado según tiempos y fechas de riego (V. Aplicado) entregados por Solfrut para el sector C1.2 durante la temporada de riego 2021-2022.

5.4.5 Análisis de riego para el sector F2.

En la Figura 10 se muestran los resultados del sector F2 destinado a la producción de manzanos variedad Rosy Glow, Se observa que los volúmenes de agua aplicada son generalmente mayores que el volumen requerido por la planta, siendo notoriamente mayor entre noviembre y marzo e incluso posterior a cosecha (mediados de marzo) los volúmenes aplicados siguen siendo mayores que los requeridos. Además, las imágenes satelitales no reflejan una respuesta de la planta con respecto al volumen aplicado.

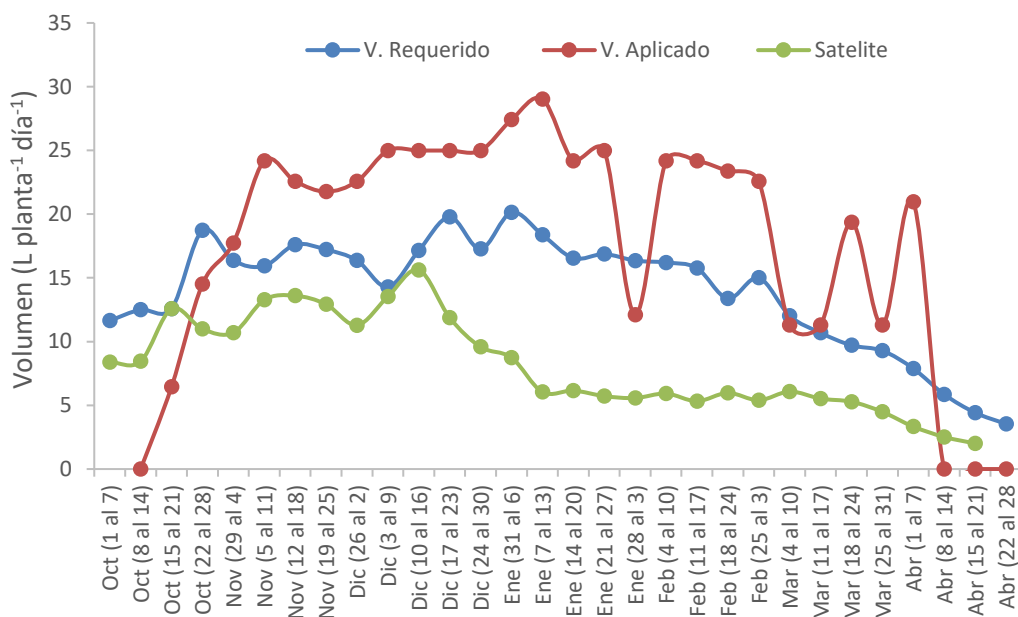


Figura 10. Relación entre volumen requerido (V. requerido), volumen estimado con las imágenes satelitales para manzanos (Satélite) y volumen aplicado según tiempos y fechas de riego (V. Aplicado) entregados por Solfrut para el sector F2 durante la temporada de riego 2021-2022.

5.4.6 Análisis de riego para el sector C2.

En la figura 11 correspondiente a la subunidad C2 destinada a la producción de manzanos variedad Rosy Glow, se observa que en gran parte de la temporada los volúmenes de agua aplicada son generalmente mayores que el volumen requerido por la planta, siendo notoriamente mayor entre noviembre y marzo.

Una vez terminada la cosecha (mediados de marzo) los volúmenes de agua aplicada son menores a la requerida por la planta, incluso existen semanas sin eventos de riego. Además, las imágenes satelitales no reflejan una respuesta de la planta con respecto al volumen aplicado.

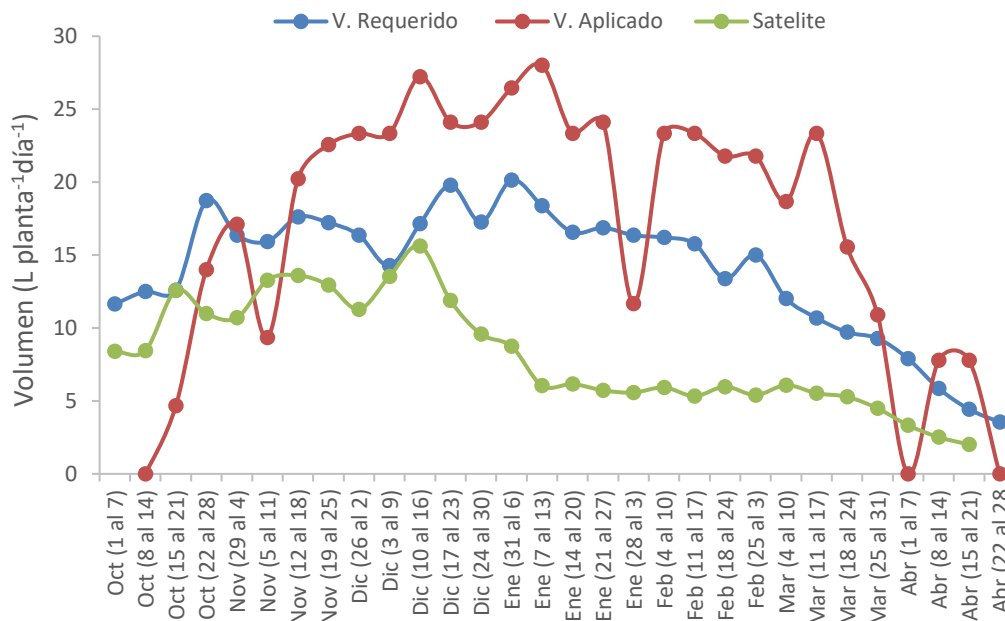


Figura 11. Relación entre volumen requerido (V. requerido), volumen estimado con las imágenes satelitales para manzanos (Satélite) y volumen aplicado según tiempos y fechas de riego (V. Aplicado) entregados por Solfrut para el sector C2 durante la temporada de riego 2021-2022.

5.5 Volumen de agua en el suelo durante la temporada.

5.5.1 Análisis de riego para el sector G1

La Figura 12 muestra la variación del volumen de agua durante la temporada de riego de la subunidad G1 (Cerezo, variedad Regina). De Figura 12 se observa que al iniciar la temporada el riego posee frecuencias prolongadas y tiempos de riego cortos, provocando que el contenido de humedad esté por debajo del 50% de retención durante el mes de octubre. En noviembre inicia el crecimiento de fruto, pasando por pinta hasta llegar a cosecha (principio de enero) durante este periodo es importante que la planta no padezca de estrés hídrico ya que afectaría negativamente la calidad y tamaño del fruto. Es así como en la Figura 12 se puede apreciar que durante este periodo las frecuencias de riego son más bajas, manteniendo el suelo sobre el 70% de su capacidad.

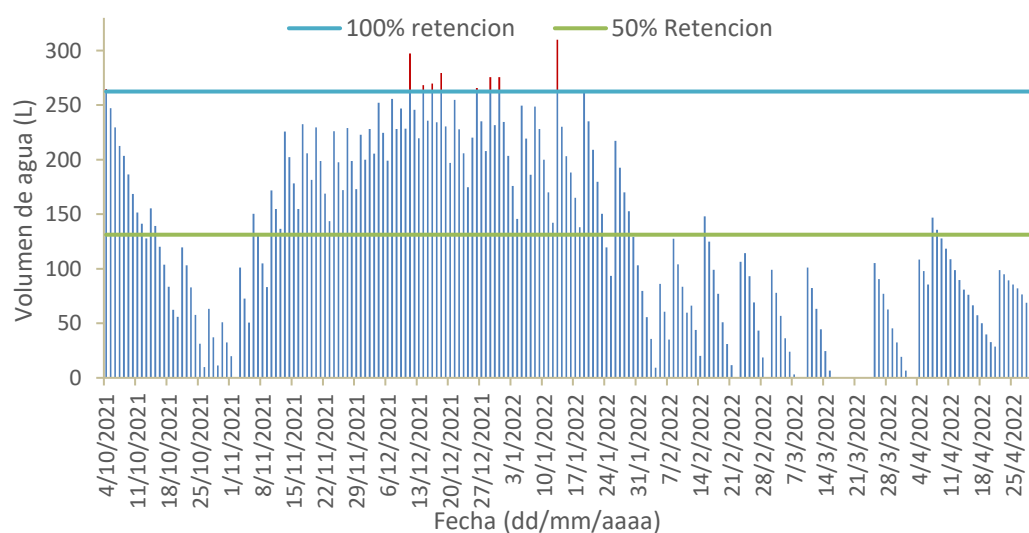


Figura 12. Comportamiento del agua en el suelo durante la temporada de riego para el sector G1 destinado a la producción de cereza.

5.5.2 Análisis de riego para el sector F1.

La Figura 13 muestra la variación del volumen de agua durante la temporada de riego del sector F1 (Cerezo, variedad Sweet Hearth). Se observa que al iniciar la temporada el riego posee frecuencias prolongadas y tiempos de riego cortos, provocando que el contenido de humedad esté por debajo del 50% de retención durante el mes de octubre incluso algunos días el contenido de humedad es casi nulo. En noviembre inicia el crecimiento de fruto, pasando por pinta hasta llegar a cosecha (principio de enero) durante este periodo es importante que la planta no padezca de estrés hídrico ya que afectaría negativamente la calidad y tamaño del fruto. Es así como en la Figura 13 se puede apreciar que durante este periodo las frecuencias de riego son más bajas, manteniendo el suelo sobre el 50% de su capacidad de retención incluso el 60% de los eventos de riego producen pérdidas al usar tiempos de riego prolongados.

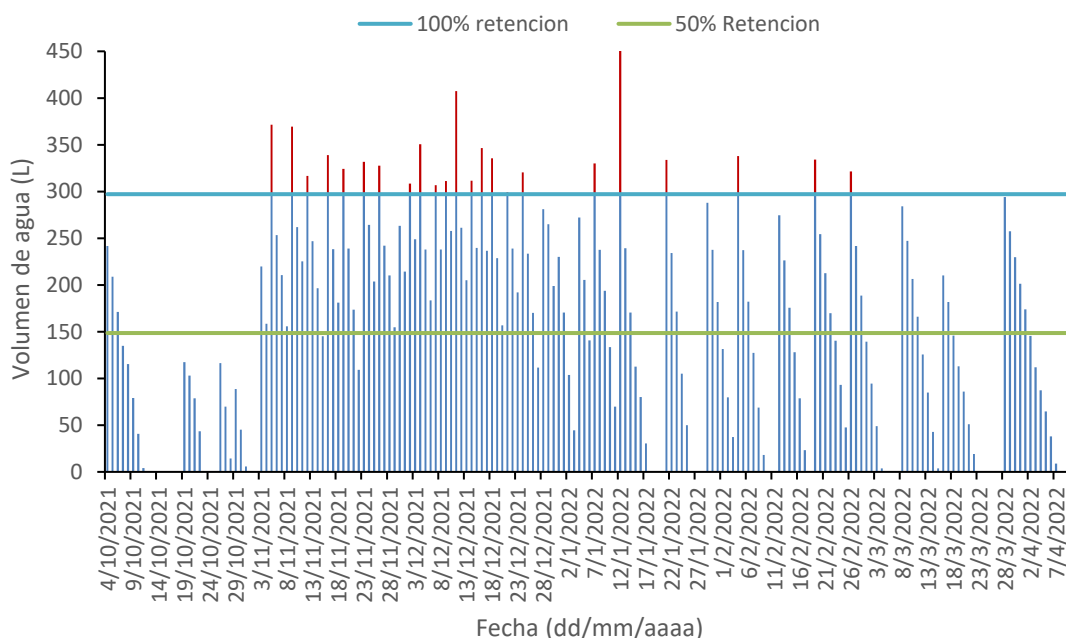


Figura 13. Comportamiento del agua en el suelo durante la temporada de riego para el sector F1 destinado a la producción de cereza.

5.5.3 Análisis de riego para el sector B1

La Figura 14 muestra la variación del volumen de agua durante la temporada de riego del sector B1 (Cerezo, variedad Bing). De Figura 14 se observa que al iniciar la temporada el riego posee frecuencias prolongadas y tiempos de riego cortos, provocando que el contenido de humedad esté por debajo del 50% de retención durante el mes de octubre, octubre incluso algunos días el contenido de humedad es nulo. En noviembre inicia el crecimiento de fruto, pasando por pinta hasta llegar a cosecha (mediados de enero) durante este periodo es importante que la planta no padezca de estrés hídrico ya que afectaría negativamente la calidad y tamaño del fruto. Es así como en la Figura

14 se puede apreciar que durante este periodo las frecuencias de riego son más bajas, manteniendo el suelo sobre el 50% de su capacidad de retención incluso el 60% de los eventos de riego producen pérdidas al usar tiempos de riego prolongados.

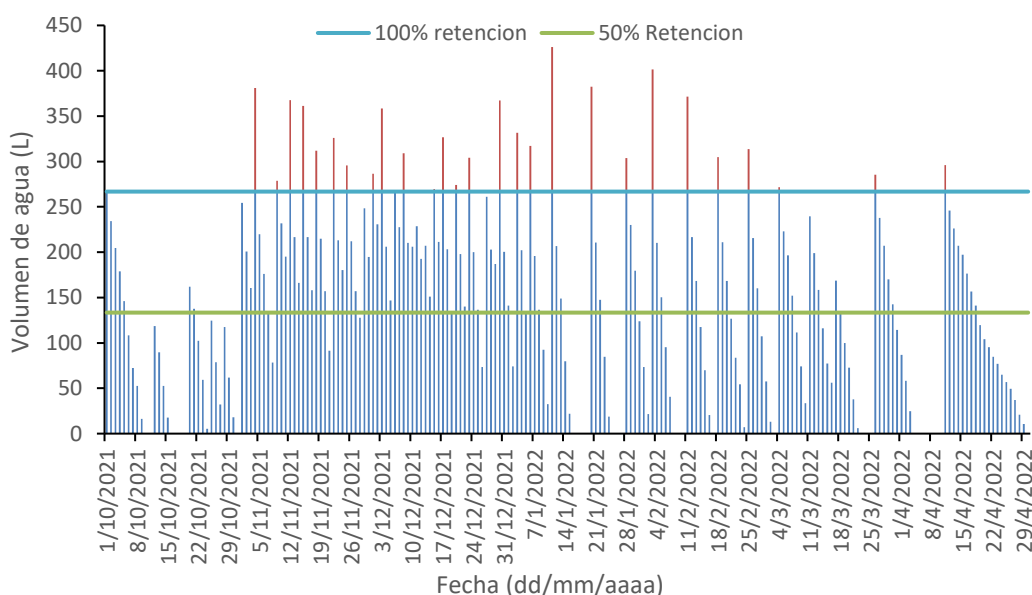


Figura 14. Comportamiento del agua en el suelo durante la temporada de riego para el sector B1 destinado a la producción de cereza.

5.5.4 Análisis de riego para el sector C1.2

La Figura 15 muestra la variación del volumen de agua durante la temporada de riego del sector C1.2 (Cerezo, variedad Santina). De Figura 15 se observa que al iniciar la temporada el riego posee frecuencias prolongadas y tiempos de riego cortos, provocando que el contenido de humedad esté por debajo del 50% de retención durante el mes de octubre incluso algunos días el contenido de humedad es nulo. En noviembre inicia el crecimiento de fruto, pasando por pinta hasta

llegar a cosecha (mediados de enero) durante este periodo es importante que la planta no padezca de estrés hídrico ya que afectaría negativamente la calidad y tamaño del fruto. Es así como en la Figura 15 se puede apreciar que durante este periodo las frecuencias de riego siguen siendo prolongadas, además, de tiempos de riego cortos manteniendo el suelo bajo el 50% de su capacidad de retención.

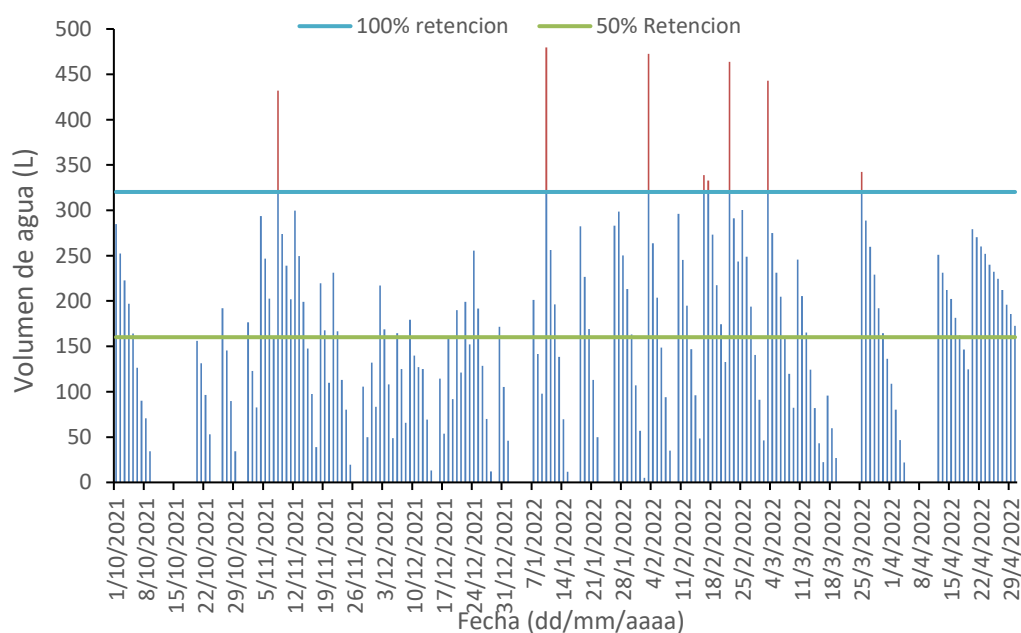


Figura 15. Comportamiento del agua en el suelo durante la temporada de riego para el sector C1.2 destinado a la producción de cereza.

5.5.5 Análisis de riego para el sector C2

La Figura 16 muestra la variación del volumen de agua durante la temporada de riego del sector C2 (Manzano, variedad Rosy Glow). De Figura 16 se observa que al iniciar la temporada el riego posee frecuencias prolongadas y tiempos de riego cortos, provocando que el

contenido de humedad esté por debajo del 50% de retención durante los meses de octubre y noviembre incluso algunos días el contenido de humedad es nulo. En diciembre inicia el desarrollo del fruto hasta llegar a cosecha (marzo) durante este periodo es importante que la planta no padezca de estrés hídrico ya que afectaría negativamente la calidad y tamaño del fruto. Es así como en la Figura 16 se puede apreciar que durante este periodo las frecuencias de riego son bajas, manteniendo el suelo sobre 70% de su capacidad de retención incluso el 62% de los eventos de riego producen perdidas al usar tiempos de riego prolongados.

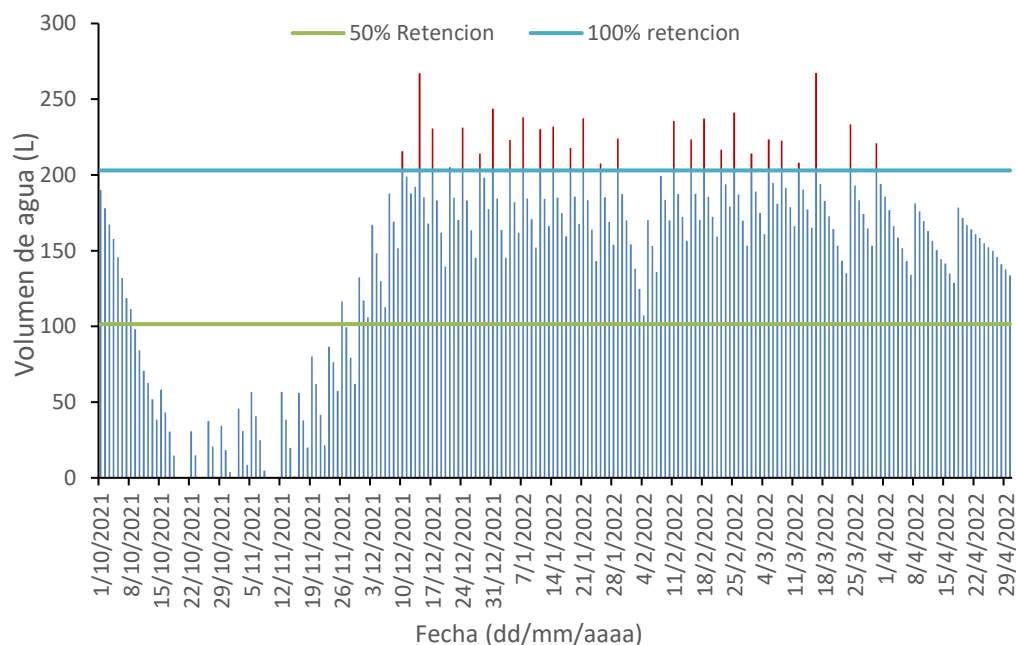


Figura 16. Comportamiento del agua en el suelo durante la temporada de riego para el sector C2 destinado a la producción de manzanas.

5.5.6 Análisis de riego para el sector F2

La Figura 17 muestra la variación del volumen de agua durante la temporada de riego del sector F2 (Manzano, variedad Rosy Glow). De Figura 17 se observa que al iniciar la temporada el riego posee frecuencias prolongadas y tiempos de riego cortos, provocando que el contenido de humedad esté por debajo del 50% de retención durante los meses de octubre y noviembre incluso algunos días el contenido de humedad es nulo. En diciembre inicia el desarrollo del fruto hasta llegar a cosecha (marzo) durante este periodo es importante que la planta no padezca de estrés hídrico ya que afectaría negativamente la calidad y tamaño del fruto. Es así como en la Figura 17 se puede apreciar que durante este periodo las frecuencias de riego son bajas, manteniendo el suelo sobre 70% de su capacidad de retención incluso el 67% de los eventos de riego producen perdidas al usar tiempos de riego prolongados.

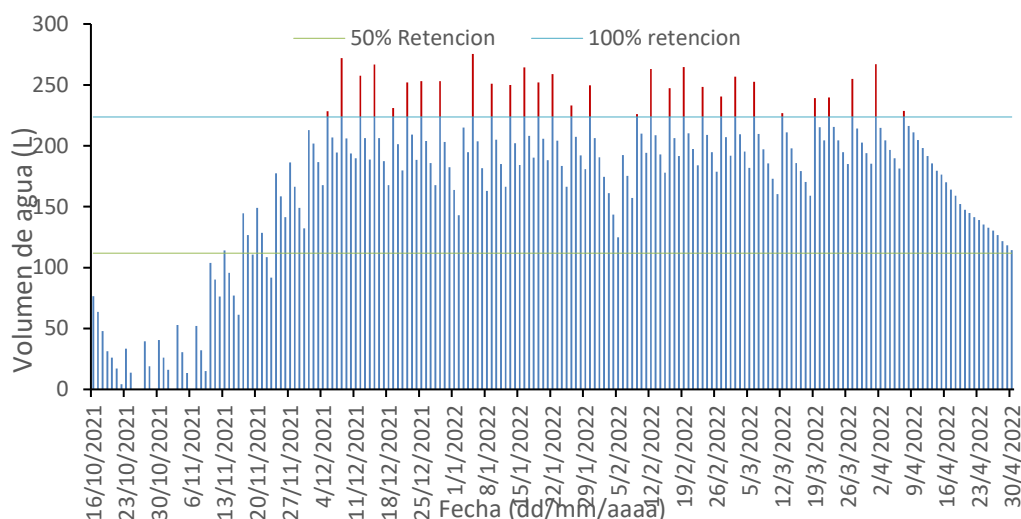


Figura 17. Comportamiento del agua en el suelo durante la temporada de riego para el sector F2 destinado a la producción de manzanas.

5.6 Análisis de la calidad del riego.

Para evaluar la condición actual del riego por microaspersión implementado en el predio Santa Magdalena, en la Tabla 5 se presentan los parámetros de calidad del riego para las seis subunidades analizadas.

Tabla 6. Parámetros de calidad del riego, Eficiencia de aplicación (EA), Eficiencia de distribución total (EDT) y coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC).

Sector	Equipo 1			Equipo 2		
	G1	F1	B1	C1.2	C2	F2
CUC (%)	78	98	93	91	93	91

La Sociedad estadounidense de Ingenieros civiles (ASCE) considera un coeficiente de uniformidad de Christiansen aceptable igual o mayor al 90% ($CUC > 90\%$) resultado que refleja una correcta aplicación y distribución del agua en el área bajo riego, permitiendo un uso más

eficiente del agua disponible maximizando la producción debido a que los cultivos reciben la misma cantidad de agua promedio de acuerdo con sus necesidades hídricas (Durand Rojas, 2017).

5.6.1 Análisis de la calidad de riego para el sector G1.

La Figura 18 muestra las Eficiencias de aplicación para cada riego efectuado en el sector G1 durante la temporada 2021-2022, se observa que el 70% de los riegos poseen una buena EA (>95) y un 15% de los riegos poseen una EA deficiente ($<90\%$), provocando pérdidas al aplicar volúmenes de agua mayor al volumen disponible en la zona radicular.

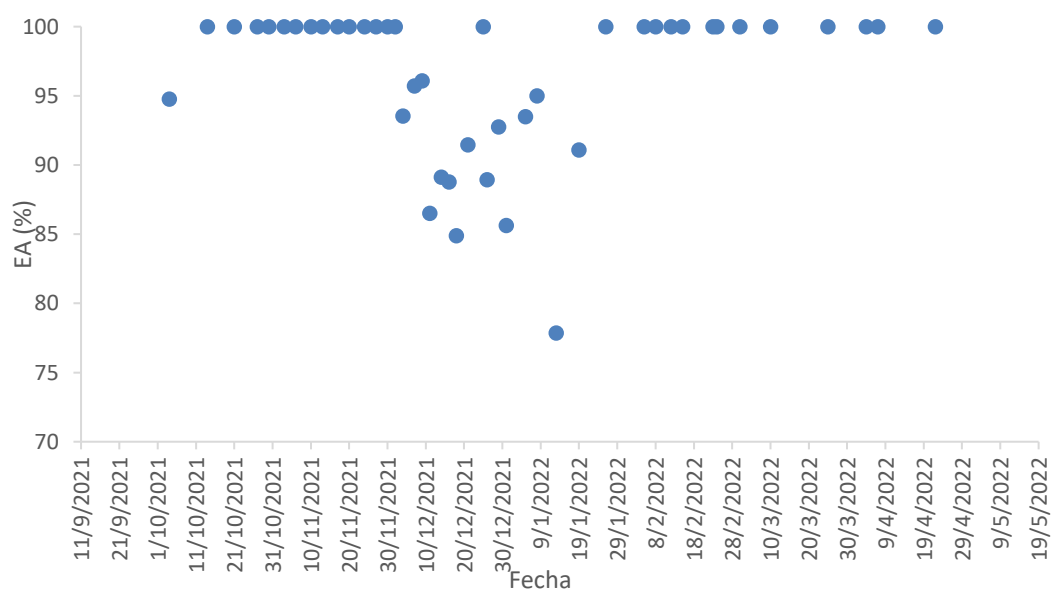


Figura 18. Eficiencia de aplicación (EA) para cada evento de riego durante la temporada 2021-2022 para la subunidad G1 destinada a la producción de cerezo.

5.6.2 Análisis de la calidad de riego para el sector F1.

La Figura 19 muestra las Eficiencias de aplicación para cada riego efectuado en el sector F1 durante la temporada 2021-2022, se observa que el 20% de los riegos poseen una buena EA (>95), el 20% de los riegos poseen una EA deficiente ($<90\%$) y el 47% de los riegos poseen una EA mala ($<80\%$), provocando pérdidas al aplicar volúmenes de agua mayor al volumen disponible en la zona radicular.

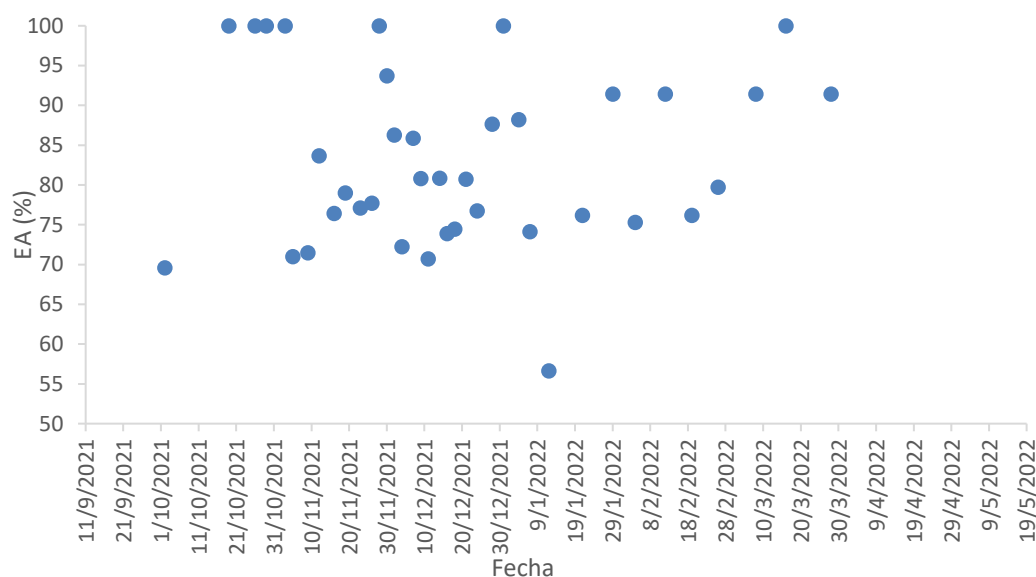


Figura 19. Eficiencia de aplicación (EA) para cada evento de riego durante la temporada 2021-2022 para la subunidad F1 destinada a la producción de cerezo.

5.6.3 Análisis de la calidad de riego para el sector B1.

La Figura 20 muestra las Eficiencias de aplicación para cada riego efectuado en el sector B1 durante la temporada 2021-2022, se observa que el 24% de los riegos poseen una buena EA ($>95\%$) y

un 54% de los riegos poseen una mala EA (<80), al aplicar volúmenes de agua superiores al volumen de almacenamiento disponible en la zona radical, el cual es limitado por una alta presencia de piedra en el suelo.

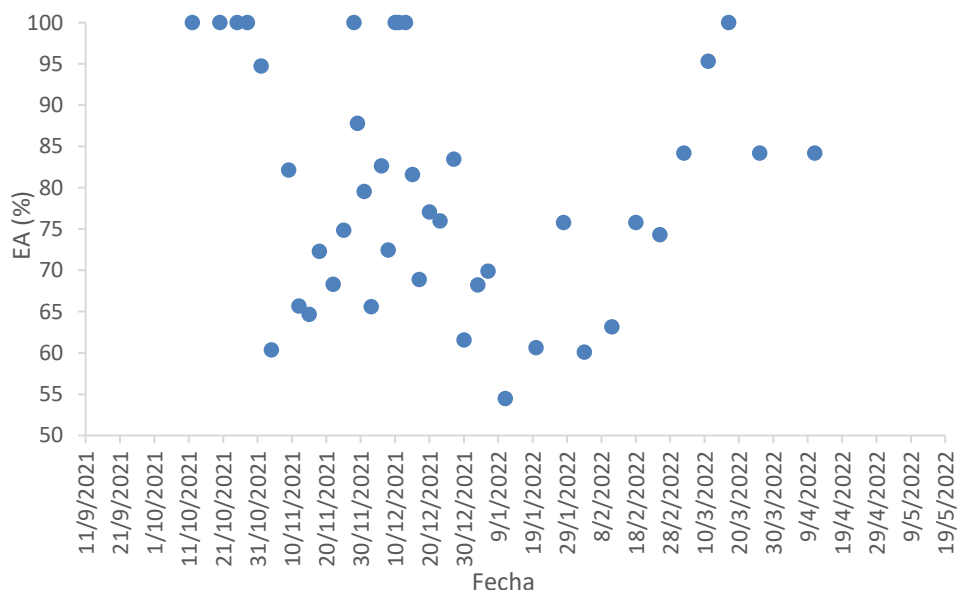


Figura 20. Eficiencia de aplicación (EA) para cada evento de riego durante la temporada 2021-2022 para la subunidad B1 destinada a la producción de cerezo.

5.6.4 Análisis de la calidad de riego para el sector C1.2.

La Figura 21 muestra las Eficiencias de aplicación para cada riego efectuado por el equipo 2 en el sector C1.2 durante la temporada 2021-2022, se observa que el 60% de los riegos poseen una buena EA (>95%) y un 15% de los riegos poseen una mala EA (<80), al aplicar volúmenes de agua superiores al volumen de almacenamiento

disponible en la zona radical, el cual es limitado por una alta presencia de piedra en el suelo.

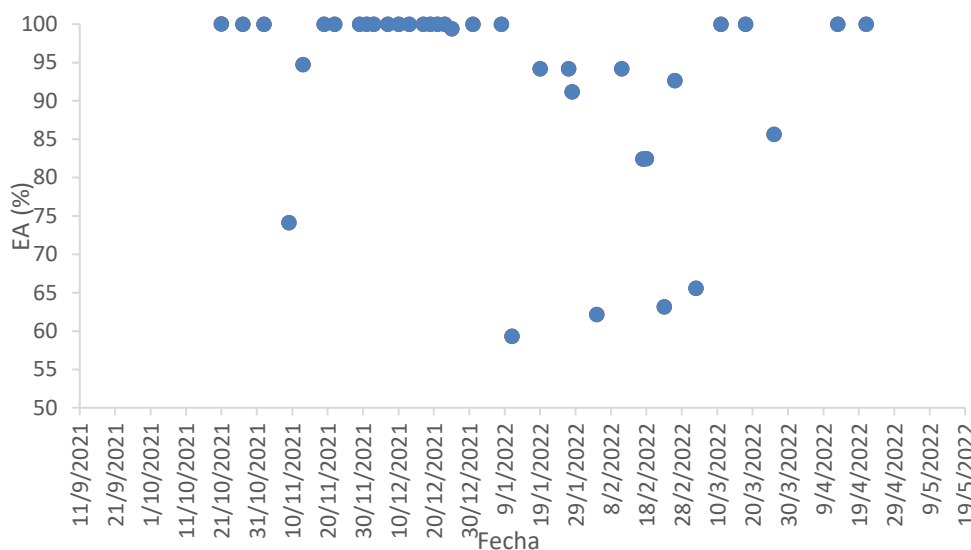


Figura 21. Eficiencia de aplicación (EA) para cada evento de riego durante la temporada 2021-2022 para la subunidad C1.2 destinada a la producción de cerezo.

5.6.5 Análisis de la calidad de riego para el sector C2.

La Figura 22 muestra las Eficiencias de aplicación para cada riego efectuado por el equipo 2 en el sector C2 durante la temporada 2021-2022, se observa que el 40% de los riegos efectuados en la temporada poseen una buena EA (>95%) y el 40% de los riegos posee una EA deficiente (<90%), al aplicar volúmenes de agua superiores al volumen de almacenamiento disponible en la zona radical, el cual es limitado por una alta presencia de piedra en el suelo, presentándose mayormente desde diciembre a marzo.

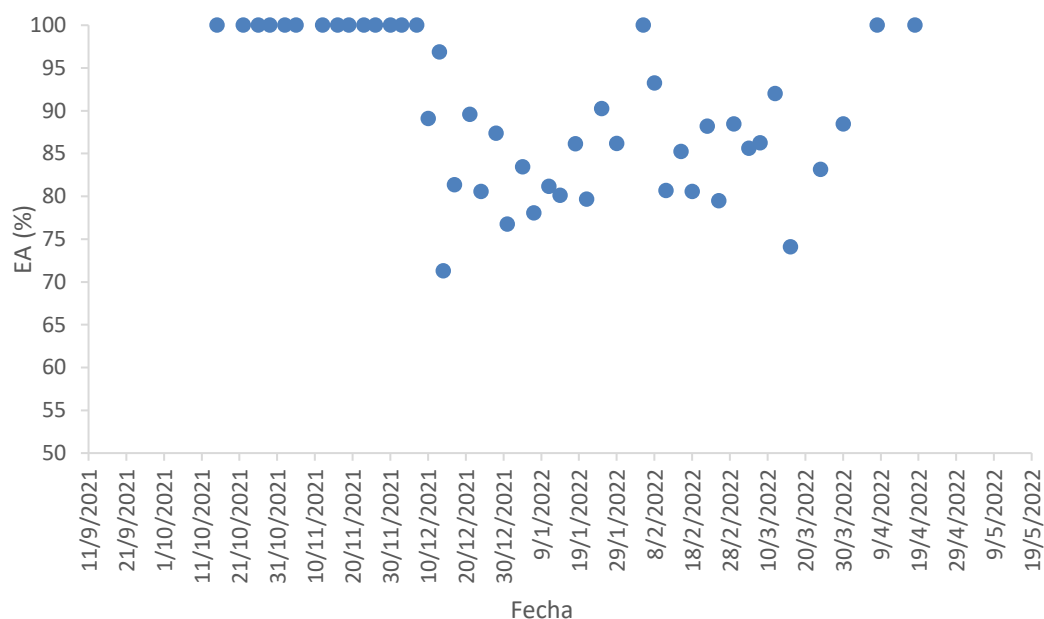


Figura 22. Eficiencia de aplicación (EA) para cada evento de riego durante la temporada 2021-2022 para la subunidad C2 destinada a la producción de manzanos.

5.6.6 Análisis de la calidad de riego para el sector F2.

La Figura 23 muestra las Eficiencias de aplicación para cada riego efectuado por el equipo 2 en el sector F2 durante la temporada 2021-2022, se observa que el 33% de los riegos efectuados en la temporada poseen una buena EA (>95%) y el 50% de los riegos posee una EA deficiente (<90%), al aplicar volúmenes de agua superiores al volumen de almacenamiento disponible en la zona radical, el cual es limitado por una alta presencia de piedra en el suelo, presentándose mayormente desde diciembre a marzo.

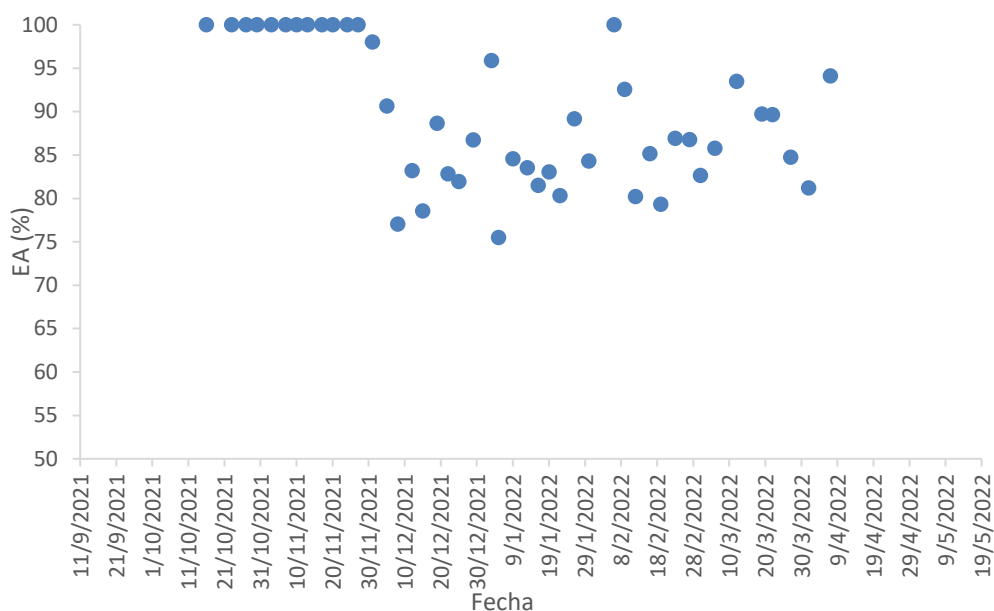


Figura 23. Eficiencia de aplicación (EA) para cada evento de riego durante la temporada 2021-2022 para la subunidad F2 destinada a la producción de manzanos.

6. CONCLUSIONES

Los sistemas de riego presentan una condición de operación relativamente deficiente asociada a una alta variabilidad en los caudales de aplicación de los emisores, con valores de CUC en un rango inferior a 90 %, que se consideran adecuados para microriego.

Los sectores que riegan el área de cerezos en general aplican volúmenes de agua mayores a los requeridos por la planta durante los meses de noviembre y diciembre. Sin embargo, después de cosecha (mediados de enero) los volúmenes de agua aplicada son menores, al requerido por la planta. En los sectores que riegan el área de manzanos presentan en casi toda la temporada de riego volúmenes de agua aplicada mayores a los

requeridos por la planta. Sin embargo, desde cosecha (mediados de marzo) los volúmenes de agua aplicada disminuyen, siendo menores a lo requerido por la planta.

Los sectores destinados al cultivo de cereza, presentan un inicio de temporada con tiempos de riegos breves, con bajo niveles de aplicación donde el contenido de humedad del suelo estaba por debajo del 50%, desde noviembre los riegos comienzan a ser más frecuentes y con un mayor tiempo de riego manteniendo el suelo sobre el 50%. Después de cosecha (Enero) los riegos son menos frecuentes y con tiempos de riego deficitario con el objeto de anticipar el periodo de latencia sin perjudicar la producción de la temporada siguiente. Para el caso de manzanos poseen un suelo franco arcilloso con una alta capacidad de retención al no tener presencias de piedras, no obstante, los riegos son frecuentes manteniendo el suelo sobre el 50% de su capacidad y con tiempos de riego excesivo humedeciendo una profundidad mayor a la zona de extracción radical efectiva.

En el caso específico de las subunidades B1 y C1.2 poseen un suelo Franco-arcilloso hasta los 50 cm de profundidad y con una alta presencia de piedras, disminuyendo considerablemente el volumen que puede retener este suelo siendo importante considerar frecuencias y tiempos de riego asociados al volumen de agua que puede retener el suelo. Bajo los 50 cm el suelo es franco-arenoso de muy baja retención.

Es importante considerar bajo las condiciones de microriego que el volumen de suelo humedecido debe estar asociado con la zona de extracción radical para determinar el nivel de agua aplicada y las frecuencias de riego, situación que no es frecuente en riego de frutales.

Se recomienda en general tener observaciones vía imágenes satelitales para determinar las condiciones de manejo de agua en frutales dada su visión espacial.

7. LITERATURA CITADA

1. Durand Rojas, G. (2017). EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN EN RIEGO. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
2. Hansen, VE (1960). Nuevos conceptos en eficiencia de riego.
3. Holzapfel E., Rivera D. y Arumí J. (2020) Tecnología de manejo de agua para una agricultura intensiva sustentable. (2 ed.). Universidad de concepción. Concepción, chile.
4. Holzapfel. (1998). Riego presurizado. *Boletín de extensión* N°58.
5. Martínez Hermosilla, G. A. (2009). Evaluación de un sistema de riego por microaspersión en el predio San José sector Los Niches, Curico Región del Maule. Proyecto de título, Ingeniero civil agrícola, universidad de concepción, Facultad de ingeniería agrícola, chillan, chile.
6. Red Agrometeorológica de INIA.
7. Santibáñez Q. (2017) Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Tomo III: Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule.
8. Umanzor, C. (2015). Influencia del uso de malla perla y roja en las condiciones micro-climáticas, daño por sol y desarrollo de color de frutos en huertos de manzanos cvs. gala y fuji. Tesis, magister en ciencias agronómicas con mención en producción vegetal. Universidad de concepción, facultad de agronomía. Chillan, chile.

9. Verdugo V., Nicolás y Villalobos S., Emilio (2022-04) Viticultura protegida: “uso de mallas sombreadoras en la producción de uva de mesa, aspectos microclimáticos (evapotranspiración)”, La Serena, Chile.

8. Anexos.

Ubicación			
Fecha			
Presión lateral			
Sección lateral		Volumen (ml ó cc)	Tiempo (min)
Cercano	Emisor n°1		
	Emisor n°2		
	Emisor n°3		
	Emisor n°4		
	Emisor n°5		
Medio	Emisor n°1		
	Emisor n°2		
	Emisor n°3		
	Emisor n°4		
	Emisor n°5		
Lejano	Emisor n°1		
	Emisor n°2		
	Emisor n°3		
	Emisor n°4		
	Emisor n°5		

Figura 1A. Planilla para toma de datos en terreno.

Tabla 1A. Caudal de los emisores evaluados en el sector G1, los colores de las celdas corresponden al tipo de boquillas instalada todos los emisores posee anti-mist.

		Laterales								
		cercan	cercan	cercan	medio	medio	medio	lejan	lejan	lejan
		o 1	o 2	o 3	1	2	3	o 1	o 2	o 3
Emisores	cercano 1	20,4	29,4	21	35,4	34,8	33,6	27	25,2	30,6
	cercano 2	31,5	33	18,72	17,1	21	18	18,6	25,8	33
	cercano 3	24,9	27	36	27,6	14,76	45,84	33	12,9	36
	medio 1	27	36,6	36,48	25,8	34,8	34,2	23,4	20,4	35,4
	medio 2	24	36,6	35,28	36,6	34,2	24,5	24	27	34,2
	medio 3	26,4	35,52	44,88	35,7	33,6	25,8	27,3	26,4	27
	lejano 1	21	34,8	44,1	23,4	27	32,16	39	20,4	34,8
	lejano 2	28,8	46,2	33,6	16,2	21	35,7	32,7	35,4	43,8
	lejano 3	33,3	46,8	33	33,6	35,16	35,4	31,8	25,2	23,4

Tabla 2A. Caudal de los emisores evaluados en el sector C2, los colores de las celdas corresponden al tipo de boquilla instalada, todos los emisores poseen anti-mist, excepto las celdas de marrón claro que corresponden a emisores sin anti-mist y boquilla marrón.

		Laterales								
		cercan	cercan	cercan	medio	medio	medio	lejan	lejan	lejan
		o 1	o 2	o 3	1	2	3	o 1	o 2	o 3
Emisores	cercano 1	34,2	33,6	39,6	32,4	31,2	27	31,8	33	30
	cercano 2	31,2	33,9	33	33	33	31,2	36	28,2	26,1
	cercano 3	34,2	33,6	44,4	36,6	27	43,2	36,6	31,8	33
	medio 1	34,2	33,6	31,2	26,4	32,4	31,2	31,5	31,2	31,5
	medio 2	33,6	25,8	33,6	32,4	22,8	26,4	31,8	43,2	31,8
	medio 3	34,2	33,6	33,6	27,6	33	31,8	31,5	31,8	31,8
	lejano 1	39,6	34,8	37,8	33,6	26,4	27	37,2	31,2	42
	lejano 2	34,2	27,6	32,4	31,8	36,6	25,8	31,8	31,2	31,5
	lejano 3	33	39,3	33	30,6	37,2	29,4	31,2	30,6	32,1



Figura 2A. Calicata realizada en el sector G1.



Figura 3A. Calicata realizada en el sector F1.



Figura 4A. Calicata realizada en el sector B1.



Figura 5A. Calicata realizada en el sector C2.



Figura 6A. Calicata realizada en el sector F2.



Figura 7A. Calicata realizada en el sector C1.2.

Tabla 3A. Resultados promedios semanales de Volumen requerido por planta (V. Requerido), volumen requerido por planta obtenido por satélite para cerezos con cobertura (satélite CC) y volumen aplicado en el riego (V. Aplicado) para la subunidad B1 durante la temporada 2021-2022.

Semana	V. Requerido (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	Satélite CC (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	V. Aplicado (L planta ⁻¹ día ⁻¹)
Oct (1 al 7)	31,78		20,1
Oct (8 al 14)	34,23		20,1
Oct (15 al 21)	31,16		25,1
Oct (22 al 28)	51,11		45,3
Nov (29 al 4)	44,67		80,5
Nov (5 al 11)	43,48		35,2
Nov (12 al 18)	53,96		95,5
Nov (19 al 25)	55,28		67,9
Dic (26 al 2)	52,55		50,3
Dic (3 al 9)	45,85		70,4
Dic (10 al 16)	55,03	34,875	45,3
Dic (17 al 23)	63,48	34,875	85,5
Dic (24 al 30)	55,43	33,75	70,4
Ene (31 al 6)	64,64	32,625	80,5
Ene (7 al 13)	58,98	32,0625	65,4
Ene (14 al 20)	53,14	31,5	62,9
Ene (21 al 27)	54,15	30,375	0,0
Ene (28 al 3)	52,50	29,25	110,6
Feb (4 al 10)	52,02	29,25	0,0
Feb (11 al 17)	50,61	28,125	60,3
Feb (18 al 24)	42,96	27	50,3
Feb (25 al 3)	48,16	24,75	50,3
Mar (4 al 10)	38,61	22,5	45,3
Mar (11 al 17)	34,31	20,25	55,3
Mar (18 al 24)	31,16	18	0,0
Mar (25 al 31)	29,81		45,3
Abr (1 al 7)	25,32		0,0
Abr (8 al 14)	18,80		45,3
Abr (15 al 21)	14,20		0,0
Abr (22 al 28)	11,37		0,0

Tabla 4A. Resultados promedios semanales de Volumen requerido por planta (V. Requerido), volumen requerido por planta obtenido por satélite para cerezos con

cobertura (satélite CC) y volumen aplicado en el riego (V. Aplicado) para la subunidad F1 durante la temporada 2021-2022.

Semana	V. Requerido (L planta⁻¹día⁻¹)	Satélite CC (L planta⁻¹día⁻¹)	V. Aplicado (L planta⁻¹día⁻¹)
Oct (1 al 7)	31,778		18,57
Oct (8 al 14)	34,229		13,93
Oct (15 al 21)	31,156		37,14
Oct (22 al 28)	51,109		23,21
Nov (29 al 4)	44,665		55,71
Nov (5 al 11)	43,475		74,29
Nov (12 al 18)	53,964		46,43
Nov (19 al 25)	55,282		67,32
Dic (26 al 2)	52,555		60,36
Dic (3 al 9)	45,855		60,36
Dic (10 al 16)	55,026	34,875	65,00
Dic (17 al 23)	63,483	34,875	51,07
Dic (24 al 30)	55,429	33,75	69,64
Ene (31 al 6)	64,636	32,625	65,00
Ene (7 al 13)	58,980	32,0625	88,21
Ene (14 al 20)	53,140	31,5	46,43
Ene (21 al 27)	54,147	30,375	55,71
Ene (28 al 3)	52,500	29,25	0,00
Feb (4 al 10)	52,024	29,25	69,64
Feb (11 al 17)	50,614	28,125	55,71
Feb (18 al 24)	42,963	27	46,43
Feb (25 al 3)	48,161	24,75	37,14
Mar (4 al 10)	38,606	22,5	37,14
Mar (11 al 17)	34,313	20,25	0,00
Mar (18 al 24)	31,165	18	65,00
Mar (25 al 31)	29,810		0,00
Abr (1 al 7)	25,316		0,00
Abr (8 al 14)	18,800		0,00
Abr (15 al 21)	14,205		46,43
Abr (22 al 28)	11,368		0,00

Tabla 5A. Resultados promedios semanales de Volumen requerido por planta (V. Requerido), volumen requerido por planta obtenido por satélite para cerezos sin

cobertura (satélite SC) y volumen aplicado en el riego (V. Aplicado) para la subunidad G1 durante la temporada 2021-2022.

Semana	V. Requerido (L planta⁻¹día⁻¹)	Satélite SC (L planta⁻¹día⁻¹)	V. Aplicado (L planta⁻¹día⁻¹)
Oct (1 al 7)	14,830		8,57
Oct (8 al 14)	15,973		6,43
Oct (15 al 21)	14,539		10,71
Oct (22 al 28)	23,851		10,71
Nov (29 al 4)	20,844		25,71
Nov (5 al 11)	20,288		32,14
Nov (12 al 18)	25,183		31,07
Nov (19 al 25)	25,798		24,64
Dic (26 al 2)	24,526		28,93
Dic (3 al 9)	21,399		27,86
Dic (10 al 16)	25,679	23,625	30,00
Dic (17 al 23)	29,625	23,625	23,57
Dic (24 al 30)	25,867	20,7375	32,14
Ene (31 al 6)	30,164	17,85	30,00
Ene (7 al 13)	27,524	16,8	40,71
Ene (14 al 20)	24,799	15,75	21,43
Ene (21 al 27)	25,269	13,9125	21,43
Ene (28 al 3)	24,500	12,075	0,00
Feb (4 al 10)	24,278	9,7125	32,14
Feb (11 al 17)	23,620	8,53125	25,71
Feb (18 al 24)	20,049	7,35	21,43
Feb (25 al 3)	22,475		17,14
Mar (4 al 10)	18,016		17,14
Mar (11 al 17)	16,013		0,00
Mar (18 al 24)	14,544		0,00
Mar (25 al 31)	13,911		17,14
Abr (1 al 7)	11,814		27,86
Abr (8 al 14)	8,773		0,00
Abr (15 al 21)	6,629		0,00
Abr (22 al 28)	5,305		10,71

Tabla 6A. Resultados promedios semanales de volumen requerido por planta (V. Requerido), volumen requerido por planta obtenido por satélite para cerezos con cobertura (satélite CC) y volumen aplicado en el riego (V. Aplicado) para la subunidad C1-2 durante la temporada 2021-2022.

Semana	V. Requerido (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	Satélite CC (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	V. Aplicado (L planta ⁻¹ día ⁻¹)
Oct (1 al 7)	31,78		29,14
Oct (8 al 14)	34,23		0,00
Oct (15 al 21)	31,16		24,29
Oct (22 al 28)	51,11		34,00
Nov (29 al 4)	44,67		68,00
Nov (5 al 11)	43,48		38,86
Nov (12 al 18)	53,96		53,43
Nov (19 al 25)	55,28		26,71
Dic (26 al 2)	52,55		68,00
Dic (3 al 9)	45,85		48,57
Dic (10 al 16)	55,03	34,875	29,14
Dic (17 al 23)	63,48	34,875	68,00
Dic (24 al 30)	55,43	33,75	58,29
Ene (31 al 6)	64,64	32,625	0,00
Ene (7 al 13)	58,98	32,0625	102,00
Ene (14 al 20)	53,14	31,5	48,57
Ene (21 al 27)	54,15	30,375	58,29
Ene (28 al 3)	52,50	29,25	72,86
Feb (4 al 10)	52,02	29,25	48,57
Feb (11 al 17)	50,61	28,125	58,29
Feb (18 al 24)	42,96	27	53,43
Feb (25 al 3)	48,16	24,75	77,71
Mar (4 al 10)	38,61	22,5	29,14
Mar (11 al 17)	34,31	20,25	14,57
Mar (18 al 24)	31,16	18	0,00
Mar (25 al 31)	29,81		53,43
Abr (1 al 7)	25,32		0,00
Abr (8 al 14)	18,80		38,86
Abr (15 al 21)	14,20		24,29
Abr (22 al 28)	11,37		0,00

Tabla 7A. Resultados promedios semanales de volumen requerido por planta (V. Requerido), volumen requerido por planta obtenido por satélite para manzanos (satélite) y volumen aplicado en el riego (V. Aplicado) para la subunidad C2 durante la temporada 2021-2022.

Semana	V. Requerido (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	Satélite (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	V. Aplicado (L planta ⁻¹ día ⁻¹)
Oct (1 al 7)	11,65		0
Oct (8 al 14)	12,50		0
Oct (15 al 21)	12,58		33
Oct (22 al 28)	18,73		98
Nov (29 al 4)	16,37		120
Nov (5 al 11)	15,24		65
Nov (12 al 18)	16,81		142
Nov (19 al 25)	17,22		158
Dic (26 al 2)	16,37		163
Dic (3 al 9)	14,28		163
Dic (10 al 16)	17,14	14,28	191
Dic (17 al 23)	19,77	14,28	169
Dic (24 al 30)	17,27	12,39	169
Ene (31 al 6)	20,13	10,5	185
Ene (7 al 13)	18,37	8,82	196
Ene (14 al 20)	16,55	7,14	163
Ene (21 al 27)	16,87	6,72	169
Ene (28 al 3)	16,35	6,3	82
Feb (4 al 10)	16,20	6,3	163
Feb (11 al 17)	15,77	6,3	163
Feb (18 al 24)	13,38	5,88	152
Feb (25 al 3)	15,00	5,775	152
Mar (4 al 10)	12,03	5,67	131
Mar (11 al 17)	10,69	5,565	163
Mar (18 al 24)	9,71	5,46	109
Mar (25 al 31)	9,29		76
Abr (1 al 7)	7,89		0
Abr (8 al 14)	5,86		54
Abr (15 al 21)	4,42		54
Abr (22 al 28)	3,54		0

Tabla 8A. Resultados promedios semanales de volumen requerido por planta (V. Requerido), volumen requerido por planta obtenido por satélite para manzanos (satélite) y volumen aplicado en el riego (V. Aplicado) para la subunidad F2 durante la temporada 2021-2022.

Semana	V. Requerido (L planta⁻¹día⁻¹)	Satélite (L planta⁻¹día⁻¹)	V. Aplicado (L planta⁻¹día⁻¹)
Oct (1 al 7)	11,65		0
Oct (8 al 14)	12,50		0
Oct (15 al 21)	12,58		45,144
Oct (22 al 28)	18,73		101,574
Nov (29 al 4)	16,37		124,146
Nov (5 al 11)	15,24		169,29
Nov (12 al 18)	16,81		158,004
Nov (19 al 25)	17,22		152,361
Dic (26 al 2)	16,37		158,004
Dic (3 al 9)	14,28		174,933
Dic (10 al 16)	17,14	14,28	174,933
Dic (17 al 23)	19,77	14,28	174,933
Dic (24 al 30)	17,27	12,39	174,933
Ene (31 al 6)	20,13	10,5	191,862
Ene (7 al 13)	18,37	8,82	203,148
Ene (14 al 20)	16,55	7,14	169,29
Ene (21 al 27)	16,87	6,72	174,933
Ene (28 al 3)	16,35	6,3	84,645
Feb (4 al 10)	16,20	6,3	169,29
Feb (11 al 17)	15,77	6,3	169,29
Feb (18 al 24)	13,38	5,88	163,647
Feb (25 al 3)	15,00	5,775	158,004
Mar (4 al 10)	12,03	5,67	79,002
Mar (11 al 17)	10,69	5,565	79,002
Mar (18 al 24)	9,71	5,46	135,432
Mar (25 al 31)	9,29		79,002
Abr (1 al 7)	7,89		146,718
Abr (8 al 14)	5,86		0
Abr (15 al 21)	4,42		0
Abr (22 al 28)	3,54		0

Tabla 9A. Datos de producción entregados por SOLFRUT.

SECTOR	ESPECIE	VARIEDAD	HA	Kg/ha
C1-2	CEREZA	SANTINA	3,96	14.518
F1	CEREZA	SWEET HEARTH	4,69	14.908
B1	CEREZA	BING	3,07	12.358
G1	CEREZA	REGINA	6,14	21.267
C2	MANZANA	ROSY GLOW	15,80	102.325
F2	MANZANA	ROSY GLOW	1,60	92.876

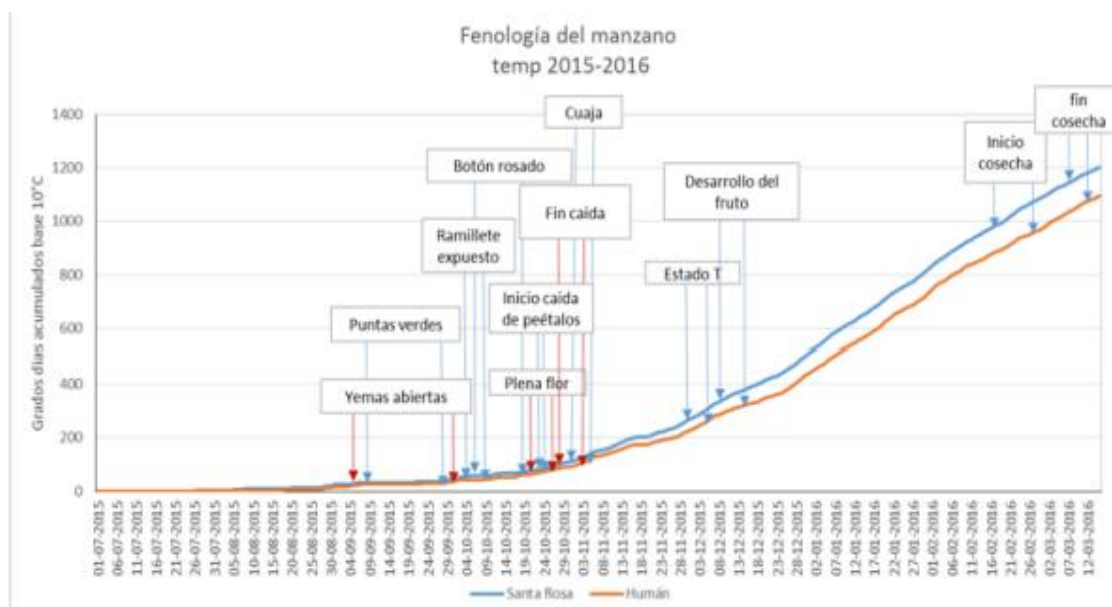


Figura 8A. Curva fenológica para los manzanos con sus etapas más relevantes en el ciclo de este cultivo. Fuente CIREN-INIA.

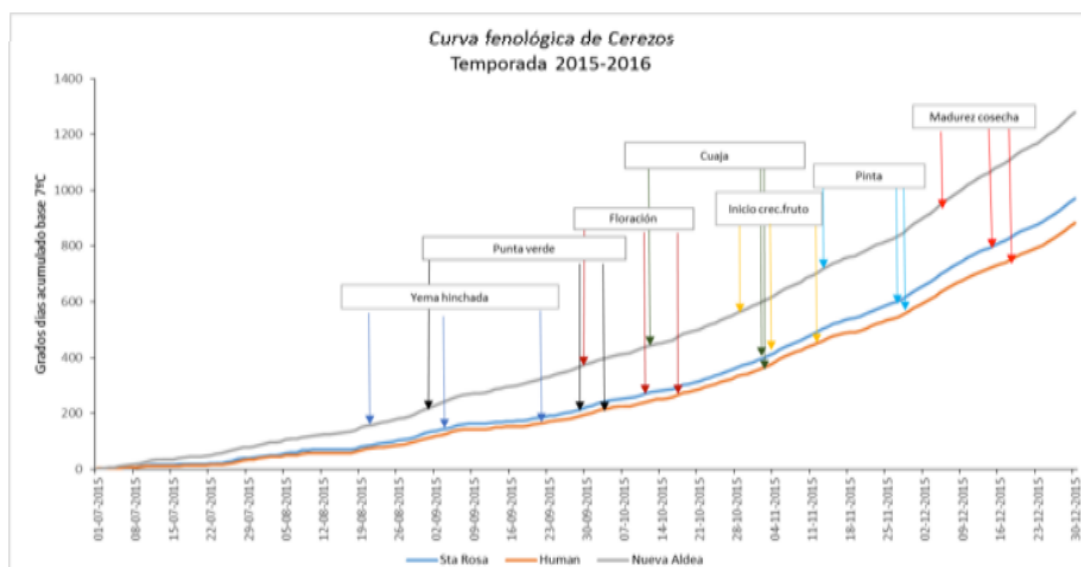


Figura 9A. Curva fenológica para los Cerezos con sus etapas más relevantes en el ciclo de este cultivo. Fuente CIREN-INIA.