



**FONDO DE INNOVACION PARA LA COMPETITIVAD FIC FNDR 2011, GOBIERNO REGIONAL DE ATACAMA**

**Informe de finalización: Programa de eficiencia hídrica para los agricultores del Sector San Fernando-Desembocadura de la Provincia de Copiapó.**

**Contacto:**  
**Cristián Kremer Fariña**  
**Profesor Asistente**  
**Facultad de Ciencias Agronómicas**  
**Universidad de Chile**  
**Móvil 09-5098538**

## Resumen

## INTRODUCCIÓN

La Universidad de Chile, a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas y UCHILECREA en Atacama, orienta su Investigación Científico Tecnológica hacia las diversas áreas que integran la cadena agroalimentaria de origen agropecuaria y acuícola, así como también a los recursos naturales y el ambiente donde se asientan las bases de la producción de alimentos.

En ese contexto, en los siete Departamentos que componen la Facultad se desarrollan áreas de investigación relevantes en Agroindustria, Enología, Análisis de fenómenos ambientales, Tecnologías y métodos para la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales, Economía de la Empresa Agraria, Gestión de Agro negocios, Desarrollo agrícola y Evaluación de políticas públicas, Riego y Drenaje, Reciclaje Orgánico, Mecanización Agrícola, Automatización y Energía, Fisiología de Cultivos/Relación S-A-P, Cartografía y Clasificación de suelos, Fertilidad y Química de Suelos, Conservación y Física de Suelos, Fitotecnia, Fruticultura, Producción de carne con rumiantes menores en zonas semiáridas, Producción de leche y carne bovina en zonas perhúmedas, Desarrollo de sistemas de producción acuícola con salmónidos, Nematología, Área Entomología y Fitopatología.

Además de la organización departamental, los investigadores han estructurado, centros y grupos de Investigación relevantes en algunas de estas áreas, con el propósito de hacer más eficiente la integración entre investigadores y la innovación científica tecnológica.

Uno de estos grupos es el Centro Regional de Estudios Agronómicos de la Universidad de Chile en Atacama (UCHILECREA) cuyo objetivo es mantener y fortalecer las capacidades regionales para el desarrollo, difusión y transferencia tecnológica en la optimización de la fruticultura de la Región de Atacama.

Entre los principales desafíos que el desarrollo agrícola del Valle de Copiapó presenta en la actualidad, son aquellos vinculados con los temas hídricos, donde se prevé a los agricultores del Sector San Fernando-Desembocadura como los de mayor urgencia puesto que estas limitantes impiden su expansión y sustentabilidad. Por lo anterior es que existe una constante preocupación para la incorporación de nuevas tecnologías y potenciar el rubro y subsistir en el tiempo, para lo cual se establecieron los siguientes objetivos que permitieron mejorar la gestión, promover y desarrollar actividades académicas, investigación científica y aplicada, difusión y transferencia tecnológica y actividades de extensión, relacionadas con el recurso hídrico.

## ACTIVIDADES REALIZADAS

Por lo tanto, se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Optimizar la gestión del riego intrapredial a través de la difusión y transferencia, de conocimientos en evaluación y manejo de eficiencia de sistema de riego tradicional y presurizado,
- Establecer unidades demostrativas y de investigación aplicada para definir manejos agrícolas que utilicen aguas residuales y de alto contenido de sales,
- Difundir y transferir conocimientos y tecnología en evaluación y mantención de sistemas de bombeo y pozos profundos.

De manera tal que a través de la presente iniciativa se desarrollaron las siguientes actividades:

- I. Un programa de transferencia de conocimiento para la evaluación y la implementación de manejos que aumentan la eficiencia en el uso del agua de riego tanto de sistemas presurizados como de tradicionales.**

El programa se basó principalmente en desarrollar capacitaciones de los regantes en las metodologías y el monitoreo de sus prácticas de riego, junto con recomendaciones de apoyo en sus gestión y toma de decisiones a nivel predial. Para esto se programaron ciclos de charlas modulares, además de asesorías a campos, cuyos temas a tratar fueron seleccionados a partir de las necesidades catastradas por UCHILECREA ATACAMA y el proyecto Aguas Copiapó (PYT20100179) detalladas en el Cuadro 1:

**Cuadro 1.** Resumen de los talleres, expositores y asistentes realizados dentro del proyecto Sales Copiapó.

| <b>Taller</b>  | <b>Expositor</b>                    | <b>Asistentes</b> |
|--|-------------------------------------|-------------------|
| 1. El suelo y su rol en la programación del riego en zonas áridas  | Oscar Seguel                        | 30                |
| 2. Dinámica de las sales del suelo y agua en cultivos bajo riego   | Cristian Kremer; Rodrigo Galvez     | 26                |
| 3. Fertilización y salinidad   | Rodrigo Callejas; Cristian Kremer   | 30                |
| 4. Mantenimiento de pozos y sistemas de bombeo   | Julio Haberland                     | 18                |
| 5. Manejo de riego en hortalizas asociado a salinidad en la Región de Atacama  | Ricardo Pertuzé                     | 17                |
| 6. Manejo de riego en olivos asociado a salinidad en la Región de Atacama  | Thomas Fichet                       | 18                |
| 7. Disponibilidad de información meteorológica en el Valle de Copiapó y su uso para mejorar la eficiencia del manejo hídrico | Víctor García de Cortázar           | 45                |
| 8. Mantenimiento de pozos y sistemas de bombeo-parte II  | Julio Haberland; Rodrigo Montenegro |                   |

- **Taller 1. El suelo y su rol en la programación del riego en zonas áridas**

El 31 de mayo, se realizó el primer taller del proyecto, llamado “El Suelo y su rol en la programación del riego en zonas áridas”, dictado por el Dr. Oscar Seguel. Fue llevado a cabo en el Fundo Verterra, Panamericana Norte km 8. El taller consistió en 2 bloques, donde primeramente se trataron conceptos básicos de las propiedades del suelo relevantes en el manejo riego en condiciones áridas en aula; luego, el segundo bloque se realizó en el campo, donde se describieron perfiles de suelo, aplicando la materia pasada en aula.



**Figura 1.** Dr. Oscar Seguel, exponiendo en el segundo bloque del taller, en terreno.

- **Taller 2. Dinámica de las sales del suelo y agua en cultivos bajo riego**

El jueves 12 de julio se realizó el segundo taller del proyecto, llamado “Dinámica de las sales del suelo y agua en cultivos bajo riego”, desarrollándose en dos bloques: durante la mañana, el ingeniero agrónomo Ph.D Cristian Kremer expuso sobre el “Rol del suelo en la óptima determinación de frecuencia y tiempo de riego en zonas áridas”, y el ingeniero agrónomo Mg. Rodrigo Gálvez expuso sobre el “Monitoreo del contenido de agua en el suelo mediante el uso de sondas, y descripción de experiencias en el valle”; durante la tarde, se realizó el taller en terreno en donde se describió el funcionamiento de algunos sensores de humedad y salinidad del suelo para realizar monitoreos continuos o puntuales de estas variables en la temporada de riego.





**Figura 2.** Segundo bloque del taller 2, donde los expositores Cristian Kremer (izq) y Rodrigo Galvez (der) muestran el funcionamiento en terreno de sensores de humedad y conductividad eléctrica en el suelo.

- **Taller 3. Fertilización y Salinidad**

El viernes 31 de agosto se realizó el tercer taller del proyecto, llamado “Fertilización y Salinidad”. El ingeniero agrónomo Dr. Rodrigo Callejas expuso sobre los problemas que pueden surgir por salinidad al no realizar un buen programa de fertilización, y Cristian Kremer enseñó sobre el efecto de los distintos tipos de enmiendas recomendadas para suelos salinos, y sus efectos negativos cuando estas se realizan sin tener en cuenta la características salinas de cada uno de los suelos .



**Figura 3.** Participantes del tercer taller del proyecto.

- **Taller 4. Mantenición de pozos y sistemas de bombeo**

El 19 de octubre se realizó el cuarto taller llamado “Mantenición de sistemas de bombeo y Pozos”, dictado por el ingeniero agrónomo Ph.D. Julio Haberland. Esto consistió en 2 bloques, en donde la primera parte se realizó en sala y luego en la tarde se realizó el práctico en terreno. Se abordaron las distintas prácticas y recomendaciones para una adecuada mantención de sistemas de bombeo y pozos, Además, se hizo énfasis en las observaciones a llevar a cabo para prevenir, y detectar correctamente problemas que se puedan suscitar durante la temporada de riego.



**Figura 4.** Julio Haberland expositor del cuarto taller del proyecto Sales Copiapó.

- **Taller 5. Manejo de riego en hortalizas asociado a la salinidad en la Region de Atacama.**

El quinto realizado el día miércoles 10 de abril de 2013 llamado “Manejo de riego en hortalizas asociado a la salinidad en la Región de Atacama” fue dictado por el ingeniero agrónomo Ph.D. Ricardo Pertuzé, se abordaron los principales aspectos a considerar en cultivos de hortalizas en condiciones de salinidad, entregando herramientas y recomendaciones tanto para su establecimiento como para el manejo productivo local. Además, nuevas alternativas de producción como el uso de plantas injertadas, con patrones de resistencia y tolerancia a la salinidad en tomate, el cual para los hortaliceros del valle es el cultivo de mayor relevancia en su producción.





**Figura 5.** Ricardo Pertuzé relator del quinto taller del proyecto Sales Copiapó

- **Taller 6. Manejo de riego en olivos asociados a la salinidad en la Región de Atacama**

El sexto taller realizado el 10 de abril de 2013, llamado “Manejo de riego en olivos asociado a la salinidad en la Región de Atacama” fue dictado por el ingeniero agrónomo Dr. Thomas Fichet. Se abordaron temas del efecto del estrés hídrico en el olivo, aspectos de fenología del olivo en el valle de Copiapó. Además se mostraron resultados de investigaciones realizadas en olivos en el valle de Copiapó y sus respuestas del olivo a condiciones salinas en variedades cultivadas en la zona.



**Figura 6.** Thomas Fichet relator del sexto taller del proyecto Sales Copiapó

- **Taller 7. Disponibilidad de información meteorológica en el Valle de Copiapó y su uso para mejorar la eficiencia del manejo hídrico**

El séptimo taller llamado “Disponibilidad de información meteorológica en el Valle de Copiapó y su uso para mejorar la eficiencia del manejo hídrico” realizado el viernes 10 de mayo de 2013 por el ingeniero agrónomo Dr. Víctor García de Cortázar. En este taller se abarcaron los aspectos a considerar para una adecuada estimación de los requerimientos de riego de distintos cultivos, junto con presentar las herramientas que hay disponibles dentro del valle, como la red de estaciones meteorológicas en línea, del proyecto Agua Copiapó.



**Figura 7.** El expositor del séptimo taller Dr. Victor Garcia de Cortazar junto al subdirector del proyecto Ph.D. Julio Haberland.

- **Taller 8. Mantenimiento de pozos y sistemas de bombeo-parte II.**

El octavo taller llamado "Mantenimiento de pozos y sistemas de bombeo-parte II" realizado el lunes 22 de Julio del 2013, se dividió en 2 sesiones, en primer lugar la exposición del profesor Julio Haberland, abarcando las temáticas de los sistemas de bombeo, su eficiencia en la aplicación de agua, y los requerimientos de energía para la operación de los sistemas de riego. Por otro lado, el gerente de la empresa "Bombas Chile" Rodrigo Montenegro explico el funcionamiento y diferencias de las bombas de pozos con las bombas superficiales, además explico las variables a considerar en estas bombas y recomendaciones de uso para las condiciones del valle de Copiapó, haciendo hincapié en los aspectos a tener en cuenta para realizar adecuados diagnósticos de cada condición de los sistemas de riego.



**Figura 8.** Rodrigo Montenegro, expositor del octavo taller de Sales Copiapó.

**II. Establecimiento de unidades demostrativas y de investigación, donde se implementaron manejos enfocados a generar herramientas que permitan generar criterios de riego, orientados a un lavado de sales eficiente en el uso del agua.**

Dentro de la realidad del valle de Copiapó, desde San Fernando hasta Desembocadura, se realizan distintas prácticas de manejo de riego enfocados al lavado de sales. En base a esta condición local, se realizaron el establecimiento de unidades demostrativas y de investigación, las cuales entregaron directrices del comportamiento de los instrumentos utilizados para estimar el contenido de agua en el suelo, y la conductividad eléctrica de las distintas fases del suelo. Luego se evaluaron con distintas instrumentaciones las respuestas de distintas especies a diferentes manejos de riego en condiciones salinas. Cada una de las actividades realizadas se detalla a continuación.

- **Tesis de Pregrado Universidad de Chile: Calibración de dos sensores del tipo TDR y un sensor FDR en distintas condiciones de salinidad de suelo. Autor: Rodrigo Candia A.**

## **Introducción**

El incremento de los costos asociados a la producción agrícola, junto a la reducción de los recursos hídricos disponibles, son antecedentes que están liderando la búsqueda, por parte de los productores, de alternativas que les permitan ser más eficientes en el uso del agua. La disponibilidad y uso de información pareciese ser la clave, y dentro de esta el contenido de agua del suelo ( $\theta$ ) es un parámetro importante de conocer a la hora de planificar los manejos de campo.

En este contexto, técnicas de estimación indirecta de  $\theta$  han demostrado ser exitosas, como herramienta para establecer programas de riego eficiente. Dentro de las anteriores destacan dos, time domain reflectometry (TDR), y frequency domain reflectometry (FDR).

El principal problema que presentan estos equipos es el efecto que provoca la concentración de sales en el perfil de suelo, característico de los suelos de la Región de Atacama, ya que a mayor conductividad eléctrica (CE) hay una tendencia a sobrestimar los valores de  $\theta$  (Wyseure *et al.*, 1997; Dalton, 1992).

## **Objetivo general**

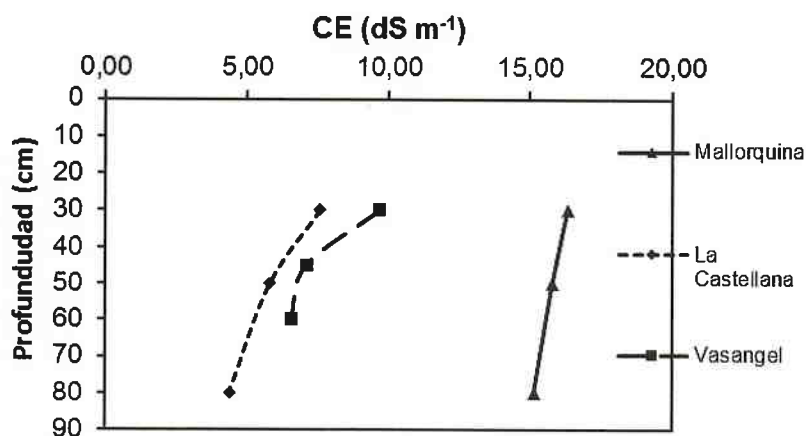
- Comparar y corregir los valores de contenido de agua volumétrica obtenidos por los sensores TDR y FDR, con el contenido de agua determinado por la metodología de laboratorio.
- Determinar la precisión de los sensores en función de la conductividad eléctrica del suelo.

## **Materiales y métodos**

Con el fin de obtener ecuaciones de ajuste simple para 3 sensores que estimaron  $\theta$  (GS3, Decagon Devices; POGO, Stevens Water Monitoring Systems; Diviner 2000, Sentek Technologies), se realizó un ensayo en 3 campos ubicados en la parte baja del valle de Copiapó los cuales presentaban distintos niveles de conductividad eléctrica en el suelo (CE, Figura 9). Estos correspondieron a La Castellana ( $27^{\circ} 19'$  latitud sur y  $70^{\circ} 35'$  longitud oeste), Mallorquina ( $27^{\circ} 20'$  latitud sur y  $70^{\circ} 34'$  longitud oeste) y Vasangel ( $27^{\circ} 18'$  latitud sur y  $70^{\circ} 27'$  longitud oeste).



La textura de suelo de cada uno de estos sitios fue comparada mediante un análisis de granulometría (Gee y Or, 2002) mostrando que su rango de variación fue bajo con texturas que variaron de franco limosa a franco arcillo limosa, definiendo suelos relativamente homogéneos



**Figura 9.** Valores de CE medidas por pasta saturada para los 3 sitios estudiados a 3 profundidades.

En cada campo se realizaron 2 ensayos en paralelo. En el primero para calibrar los sensores GS3 y POGO, se realizaron 3 zanjas sobre la hilera de plantación de 0,8 m de largo, 0,6 m de ancho y 0,2 m de profundidad. En cada una de estas se instalaron (y quedaron instalados de manera permanente) 3 sensores GS3 de manera horizontal a 0,1 m de profundidad, mientras que el instrumento POGO se insertaba en el suelo solo en los momentos en que se realizaron las mediciones.

Estas zanjas se realizaron con 2 fines, uno fue extraer el suelo más superficial que es afectado por una mayor concentración de sales debido al ascenso capilar; y el segundo fue generar una zona de infiltración de agua de riego homogénea. Posteriormente para la calibración de estos equipos se tomaron muestras de suelo in-situ a las cuales se le determinó su contenido de agua en laboratorio los que fueron contrastadas con las lecturas de los sensores.

En el segundo ensayo se realizó la calibración para el sensor Diviner 2000, en este caso se realizó una zanja de iguales características a la mencionadas en el ensayo anterior. En esta se instaló un tubo de acceso (PVC) perpendicular al fondo de la zanja, hasta una profundidad de 0,75 m.. Una vez instalado el tubo de acceso se descubrió a 0,2 m de este una cara de suelo paralela al tubo hasta una profundidad de 0,7 m, en la cual se instalaron perpendicularmente 3 sensores GS3 a 0,1, 0,3 y 0,5 m. Finalmente las lecturas corregidas de las sondas GS3 se contrastaron con las mediciones de la sonda Diviner 2000. Para obtener un amplio rango de mediciones y poder contrastar las lecturas obtenidas con muchos valores de  $\theta$  y conductividad eléctrica del espacio poroso  $CE_p$  las parcelas de calibración



fueron regadas abundantemente al inicio del ensayo y no se volvió a aplicar agua, hasta el final de las mediciones. Con esta metodología se generaron curvas de secado para cada uno de los suelos, que fueron contrastadas con las muestras obtenidas in-situ, no hay que olvidar que las condiciones iniciares de CE eran distintas para cada sitio, lo que a su vez genero condiciones diferenciales también en CEp mientras el suelo se secaba. Dado que la tasa de secado para cada suelo fue distinta se menciona en el siguiente cuadro (Cuadro 2), las fechas de toma de datos para cada sitio.

**Cuadro 2.** Fechas de medición para cada sitio en estudio.

| <b>Ti</b> | <b>La Castellana</b> | <b>Mallorquina</b> | <b>Vasangel</b> |
|-----------|----------------------|--------------------|-----------------|
| 1         | 18/Ago/2012          | 18/Ago/2012        | 17/Ago/2012     |
| 2         | 18/Ago/2012          | 18/Ago/2012        | 17/Ago/2012     |
| 3         | 27/Ago/2012          | 20/Ago/2012        | 18/Ago/2012     |
| 4         | 01/Sep/2012          | 25/Ago/2012        | 20/Ago/2012     |
| 5         | 11/Sep/2012          | 30/Ago/2012        | 23/Ago/2012     |
| 6         | 06/Nov/2012          | 10/Sep/2012        | 04/Sep/2012     |

El primer tiempo de medición (Ti) se realizó 1 hora luego de que el agua en la zanja infiltró completamente en el suelo, mientras que Ti2 se registró 12 horas después de la medición inicial. Mientras que el resto de los tiempos de medición se realizaron dependiendo de la tasa de secado del suelo.

## **Resultados y discusión**

### **Calibración Diviner 2000**

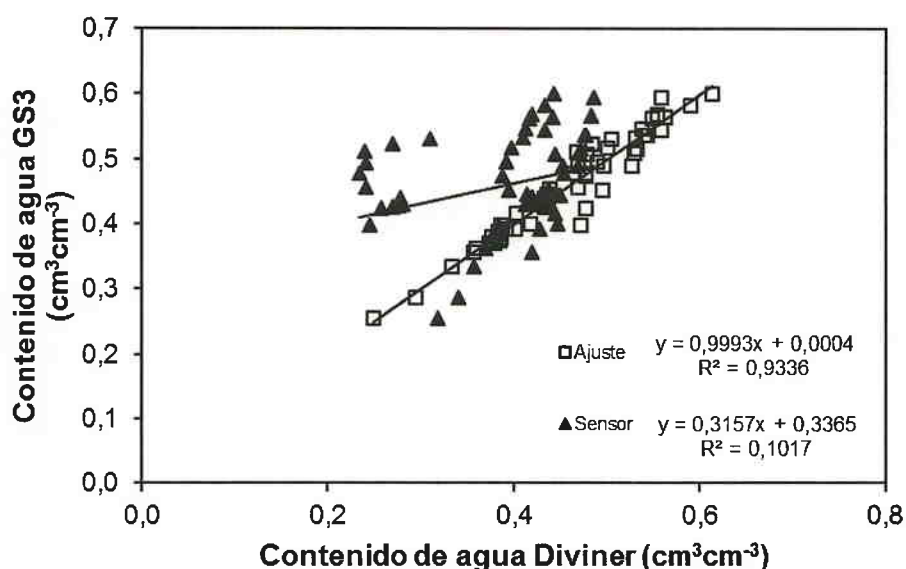
La sonda Diviner 2000, presento una alta variabilidad de medición lo que requirió una calibración independiente para cada sitio y profundidad del perfil (Cuadro 3), un ajuste único no fue viable dado su alta variabilidad . En el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos de las constantes de calibración "a" "b" y "c" , que son usualmente parámetros que vienen definidos de fábrica para una condición estándar de suelo, generalizada para suelos

minerales con conductividades eléctricas en el suelo (pasta saturada, CEs) inferiores a 2 dS m<sup>-1</sup>. En general los suelos del valle y de este estudio presentan valores de CEs mayores al rango de los definidos por este instrumento, por lo que su calibración para los distintos suelos es mandatoria.

**Cuadro 3.** Valores por campo y profundidad de los parámetros utilizados por el sensor Diviner 2000 para la estimación del contenido de agua.

|           | La Castellana |       |        | Mallorquina |        |        | Vasangel |       |       |
|-----------|---------------|-------|--------|-------------|--------|--------|----------|-------|-------|
| Parámetro | 10 cm         | 30 cm | 50 cm  | 10 cm       | 30 cm  | 50 cm  | 10 cm    | 30 cm | 50 cm |
| A         | 54,569        | 1,122 | 2,753  | 1,958       | 1,192  | 1,297  | 0,417    | 0,783 | 0,863 |
| B         | 2,989         | 0,259 | 1,078  | 0,881       | 0,154  | 0,164  | 0,556    | 0,091 | 0,045 |
| C         | -3,622        | 0,043 | -0,181 | -0,215      | -0,141 | -0,185 | 0,671    | 0,225 | 0,137 |

En base a estos parámetros se recalcularon los valores de  $\theta$  obteniendo el siguiente ajuste (Figura 10).



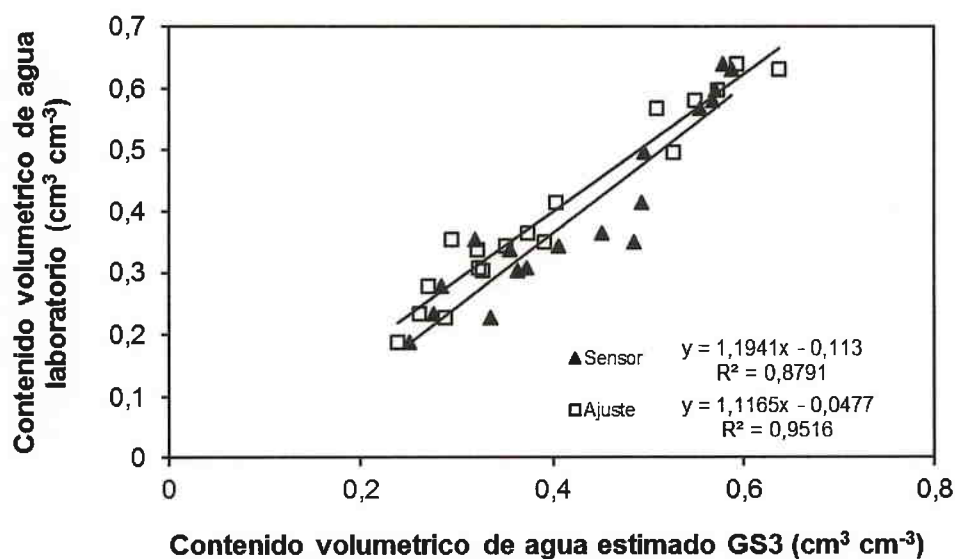
**Figura 10.** Valores medidos y ajustados de contenido volumétrico de agua del sensor Diviner 2000 contrastados con los valores corregidos medidos por los sensores GS3.

El nivel de variabilidad presentado en los valores registrados por el sensor Diviner 2000 es alto ( $R^2 = 0,1017$ ) lo que se relacionaría con la frecuencia de operación de este equipo, la que no sería la adecuada para operar en suelos salinos,

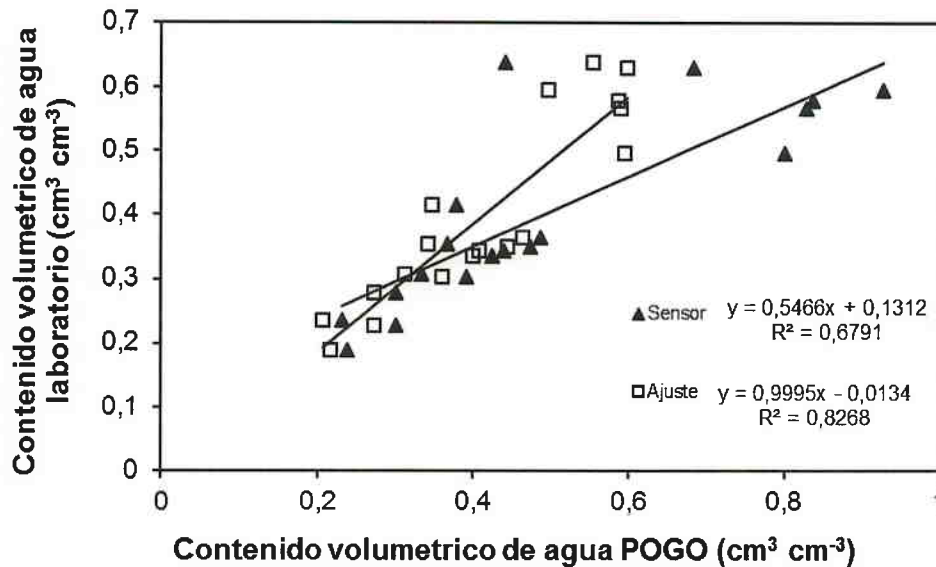
## Calibración GS3 y POGO

Para los sensores GS3 (Figura 11) y POGO (Figura 12) se logró establecer una ecuación de corrección propia de cada instrumento. En cada una de las figuras se observan dos ecuaciones, una corresponde a los valores entregados por los sensores con su calibración de fábrica definidas en las Figuras 3 y 4 como "Sensor" y otra calibración en base a un ajuste, corregido para las condiciones de suelo, de otras ecuaciones utilizadas por los sensores, de forma interna, para estimar el contenido volumétrico de agua.

Estas ecuaciones muestran que los sensores GS3 entregan valores de  $\theta$ , mucho más cercanos a los obtenidos por laboratorio que los estimados por POGO, esta afirmación se sustenta en que la pendiente de la línea de tendencia de "Sensor" es cercana a 1 (pendiente GS3 = 1,194) comparada con 0,546 obtenida para el POGO. Indicando que es posible estimar el contenido volumétrico de agua con los sensores GS3 casi sin realizar previa calibración, dentro de las condiciones de salinidad de suelo vistas dentro de la investigación, ya que su variación con el contenido volumétrico real medido en laboratorio es mínima.



**Figura 11.** Relación entre los valores de agua (en base a volumen) estimados, tanto por los sensores GS3 como por el modelo ajustado, con el contenido de agua determinado por laboratorio.



**Figura 12.** Relación entre los valores de agua (en base a volumen) estimados, tanto por el sensor POGO como por el modelo ajustado, con el contenido de agua determinado por laboratorio.

Aun cuando las ecuaciones de calibración obtenidas para cada uno de los sensores representan de buena forma el contenido de agua presente en el suelo dentro del rango de salinidad y contenido de agua estudiados, es necesaria la calibración de estos para cada caso en particular fuera de los rangos de textura, contenido de agua y salinidad, debido a que en el presente estudio no abarcó el efecto que podría tener las distintas texturas de suelo. Por lo que se hace necesario realizar una validación de estos modelos de ajuste, o bien, extender la investigación a otro tipo de condiciones.

## Conclusiones

- Los ajustes realizados para estos sensores son válidos sólo para las condiciones de suelo presentes en este ensayo.
- Los valores registrados por el sensor Diviner 2000 fueron los que presentaron un mayor nivel de variación.
- El sensor GS3 fue el que presentó una mejor aproximación a los valores reales de contenido de agua independiente del nivel de salinidad presente.
- Una vez realizados los modelos de corrección de los valores, todos los sensores estudiados responden de buena forma a la estimación del contenido volumétrico de agua independiente de la salinidad presente en el suelo.

## Bibliografía

Dalton, F. 1992. Development of time-domain reflectometry for measuring soil-water content and bulk electrical conductivity. pp: 143-167. *In: Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice*. Special Publication n° 30 (eds G.C. Topp, W.D. Reynolds & R.E. Green). Soil Science Society of America, Madison, WI.

Gee, G. and D. Or. 2002. 2.4 Particle-Size Analysis. *Methods of soil analysis: Physical methods*. (5): 255.

Wyseure, G., M. Mojid and M. Malik. 1997. Measurement of volumetric water content by TDR in saline soils. pp: 347-354. *In: European Journal of Soil Science* 48. Department of Agricultural and Environmental Science, University of Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, UK.

- **Tesis de Pregrado Universidad de Chile: Efecto de la aplicación de un desplazador de sales en el crecimiento vegetativo y en la calidad de fruto de tomate cv. "Luciana" regados con diferentes cuotas hídricas en el valle de Copiapó. Autor: Jose Diaz B.**

## Introducción

Dentro del contexto de la zona baja del valle de Copiapó con una oferta hídrica, sustentada solo por la explotación de acuíferos, junto con condiciones de suelo limitadas principalmente por los altos niveles de salinidad presentes, dejan de manifiesto la existencia de condiciones desfavorables para el desarrollo de una agricultura de altos rendimientos y constante durante las temporadas.

Debido a dichas condiciones la agricultura en el valle de Copiapó se ha limitado a frutales y hortalizas resistentes a sales y de bajo requerimiento hídrico, de modo que se encuentran uvas, olivos, porotos verdes, arvejas y tomates, respectivamente.

Dicha problemática ha implicado prácticas de lavado de sales, dejando en muchas ocasiones fracciones de lavado excesivamente altas, lo que se traduce en un uso ineficiente del agua. En ese marco se propone buscar nuevas metodologías de producción más eficientes tanto en el uso del agua, que es el factor limitante para la producción, como en las medidas y prácticas contra las sales.

## Objetivos

- Evaluar la incidencia del uso de un desplazador de sales con diferentes cuotas de riego, en variables de planta y de suelo en un cultivo de tomates cv. 'Luciana' en el valle de Copiapó.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la III Región, en el valle de Copiapó, en las cercanías de la localidad de San Pedro, en un predio de la empresa agrícola "RUTA". (27°19'20.79" S, 70°32'47.66"O). El suelo es de origen aluvial, en posición de terraza aluvial, profundo, estratificado con predominancia de texturas franco arenosas, profundo.

Respecto al clima, corresponde a desértico subtropical marino, presentando 12 meses de período seco y 22 mm de precipitación anual, con una temperatura media anual de 18°C, una máxima media del mes más cálido (Febrero) de 30,1°C y una mínima media del mes más frío (Julio) de 6,5°C.

El ensayo se llevó a cabo entre el 18 de enero y el 15 de mayo del 2013, abarcando desde trasplante al primer mes de cosecha, la que se extendería hasta fines de junio.

Se utilizó un área de 150 m<sup>2</sup> para el ensayo, dentro de un cultivo tomates cv. Luciana al aire libre plantados a 1,8 m entre hilera y 0,22 m sobre hilera, con orientación norte-sur.

Se utilizó el desplazador de sales "Promesol calcio" que se presenta como concentrado soluble con una formulación de ácidos ecca carboxy (COOT) al 12% p/v, nitrógeno 4% p/v y calcio 12% p/v. La dosis que se aplicó fue equivalente a 20 l ha<sup>-1</sup>, aplicadas dos veces, la primera con bomba espalda y la segunda con jeringa, el 18 de enero y el 07 de marzo respectivamente, de acuerdo a las recomendaciones dadas por el fabricante.

Se trabajó con cintas de riego de 4,7 y 4 l h<sup>-1</sup> por metro en hilera simple, con emisores cada 10 cm, para generar dos niveles de riego en la que existe una diferencia de caudal de un 15%.

Se generó un diseño factorial de tratamientos, definido por dos factores (riego y uso del desplazador de sales), de modo que cada factor tiene dos niveles, para el caso del riego corresponden al 100 y el 85% de la dosis de riego aplicada en el predio, mientras que para el uso del desplazador los niveles corresponden a la aplicación o no aplicación del producto. De este modo se obtuvieron cuatro tratamientos como muestra el Cuadro 4.



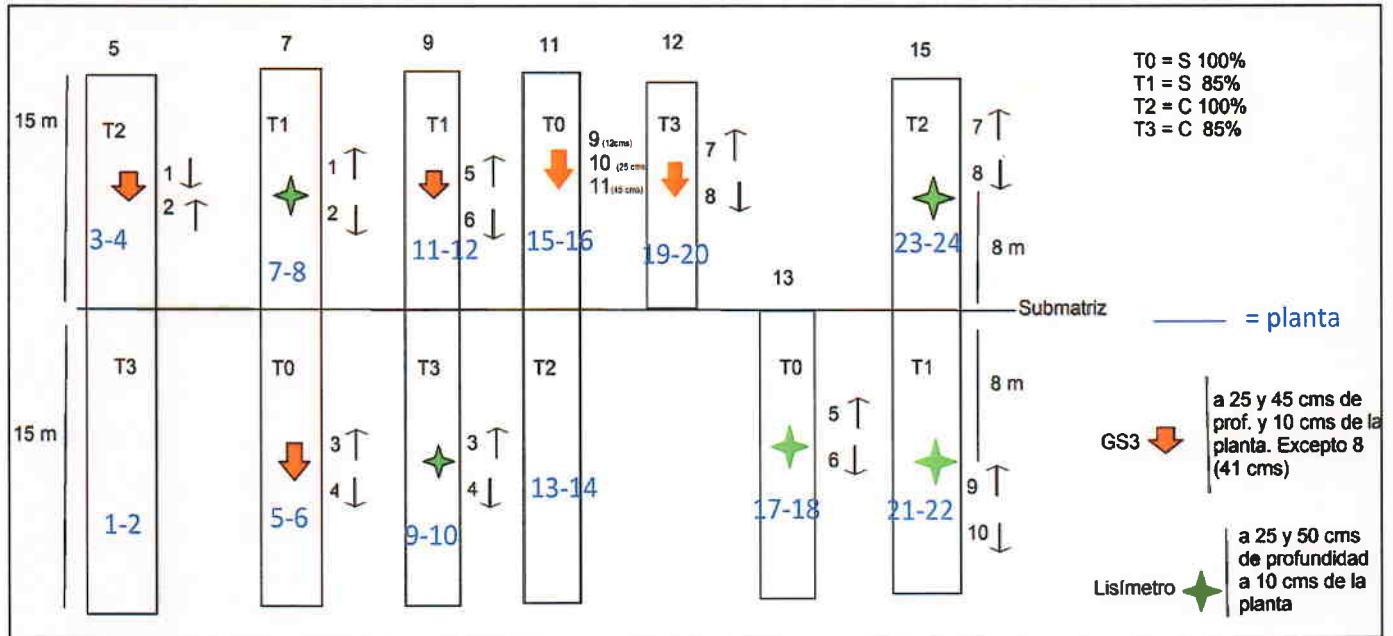
**Cuadro 4.** Síntesis de los tratamientos aplicados en el ensayo desde mediados de Enero a Mayo.

| Tratamiento | Desplazador de sales | Riego (%)* |
|-------------|----------------------|------------|
| S100        | No                   | 100        |
| S85         | No                   | 85         |
| C100        | Si                   | 100        |
| C85         | Si                   | 85         |

\*Dosis de riego en relación a lo aplicado normalmente en el predio.

El diseño experimental corresponde a bloques completamente aleatorizados, a modo de reducir el error producto de la variabilidad intrínseca del suelo, en donde dos hileras corresponden a un bloque. Se dejó una hilera de borde entre las hileras del ensayo, como muestra la Figura 13, en donde los números superiores corresponden al número de la hilera.

**Figura 13.** Diseño experimental del ensayo involucrado.



La salinidad del suelo se midió cada dos semanas a 25 y 45 cm de profundidad con sensores TDR (Decagon Devices, USA) modelo GS3, con los que se obtuvo la conductividad eléctrica de masa (bulk) y se modeló de acuerdo a lo descrito por Hilhorst (2000), previo ajuste para la condición de suelo. Además se midió la conductividad eléctrica de la solución suelo mediante el uso de lisímetros de succión a 25 y 50 cm de profundidad y un conductímetro (Hanna Instruments), la que se midió mensualmente. Los puntos de medición se pueden observar en la Figura 13, cabe destacar que los datos obtenidos son de carácter referencial, producto que no fue posible generar repeticiones para realizar un análisis estadístico. Se instalaron sensores adicionales GS3 (9-10-11) y lisímetros (9 – 10), los que no entraron al análisis producto de la distorsión que se generaría al ponerlos como submuestras.

El efecto del estado hídrico de la planta fue medido en la respuesta del potencial xilemático, crecimiento vegetativo y calidad de fruto. El potencial xilemático fue medido cada dos semanas a medio día con una bomba de Schölander de acuerdo a la metodología descrita por Meyer y Reicosky (1985), en donde se seleccionaron dos plantas al azar por hilera de tratamiento, siendo cada una de ellas una submuestra. De este modo se generaron tres repeticiones por tratamiento.

El crecimiento vegetativo se evaluó en dos plantas fijas por hilera de tratamiento se midió el área foliar por hoja, diámetro de tronco y largo de entrenudo. Para determinar el área foliar se midió el largo y ancho máximo de hoja cada tres nudos vegetativos y se modelaron de acuerdo a lo descrito por Astegiano *et al.*, (2001). Para el caso del diámetro de tronco se midió mensualmente con un pie de metro, mientras que para el largo de entrenudo se realizó una medición del largo del eje de la planta al finalizar el ensayo y se dividió por el número de nudos de la planta. Cabe destacar que igual que con el potencial xilemático se realizó una muestra compuesta entre las mediciones de plantas de la misma hilera, de modo que se obtuvieron tres repeticiones por tratamiento.

La respuesta en la calidad de fruto se midió en diámetro ecuatorial, peso, sólidos solubles y acidez titulable. El diámetro ecuatorial se midió con un pie de metro en al menos dos frutos por planta marcada y se generó una muestra por hilera de tratamiento. Los datos se trataron de igual forma para el peso, que se midió con una balanza electrónica, los sólidos solubles que se midieron en grados Brix con un refractómetro y la acidez titulable que se midió como porcentaje de ácido cítrico mediante una titulación. Cabe destacar que se cosechó en tres fechas y los sólidos solubles y acidez titulable se midieron solo en las últimas dos. Para el caso del peso y del diámetro se consideró usar como covariable el número de tomates por racimo del racimo de la muestra, mientras que para sólidos solubles y acidez titulable se usó como covariable la madurez de los frutos de la muestra, la que se determinó utilizando el tono (hue) en grados sexagesimales, a partir de una prueba de colorimetría a cada fruto.

Posteriormente los datos obtenidos se analizaron estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95%, de no haber interacciones entre los

niveles de los factores (riego y desplazador), se procedió a evaluar cada factor por separado según el test de Tukey con un 5% de significancia, en caso contrario se hubiese realizado la prueba de rango múltiple de Tukey para separar las medias de las interacciones de los factores, pero en ningún caso hubo interacción entre los factores.

## Resultados y discusión

En la Figura 14 se observa la variación durante la temporada del potencial xilemático medido al medio día. Los valores obtenidos no superaron los 9 Bar en ninguno de los tratamientos, por lo tanto no existió estrés hídrico en ninguno de ellos, ya que según investigaciones realizadas en estrés hídrico en tomate se afirma que sobre este valor se observan respuestas negativas para la producción y crecimiento del tomate, como el aumento del ácido absísico en la planta. Esto se reafirma con que la dispersión de los tratamientos respecto de la media en cada medición es alta, siendo solo en casos excepcionales donde no se traslapan las barras de error, de modo que se puede afirmar que no existe diferencia significativa entre tratamientos. Sin perjuicio de lo anterior cabe destacar que la tendencia del potencial xilemático durante la temporada es al alza en todos los tratamientos, lo que se condice con el aumento de la conductividad eléctrica del suelo visto en la temporada (Figura 15 y 16), dicho aumento es atribuible a aporte de sales solubles disueltas en el agua de riego, la que tenía un valor de conductividad eléctrica cercano a  $3 \text{ dS m}^{-1}$ , durante toda la temporada.

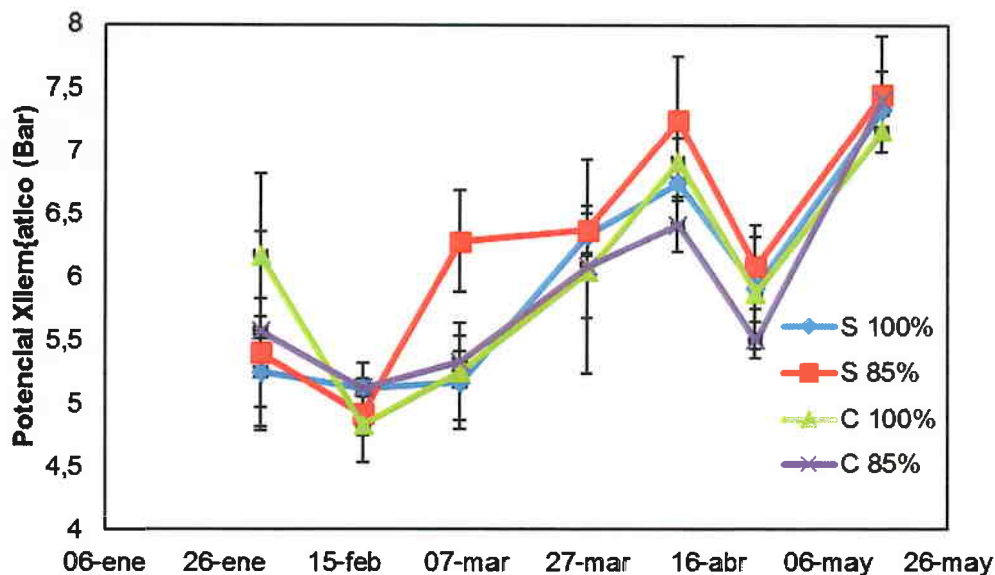


Figura 14. Variación del potencial xilemático medido a mediodía durante la temporada

Respecto a la conductividad eléctrica del suelo no fue posible realizar repeticiones para tener un análisis estadístico acabado, por lo tanto corresponden a valores referenciales. Se obtuvieron datos de la conductividad eléctrica de la solución suelo mediante lisímetros de succión a 25 y 50 cm de profundidad, en donde se evidencia la tendencia al alza en los dos casos con una escasa dispersión entre tratamientos (Figura 15 y 16) de modo que no se aprecia diferencia en la conductividad eléctrica de la solución suelo entre los tratamientos, lo que permite afirmar que se puede reducir el riego en más de un 15% sin afectar el lavado de sales.

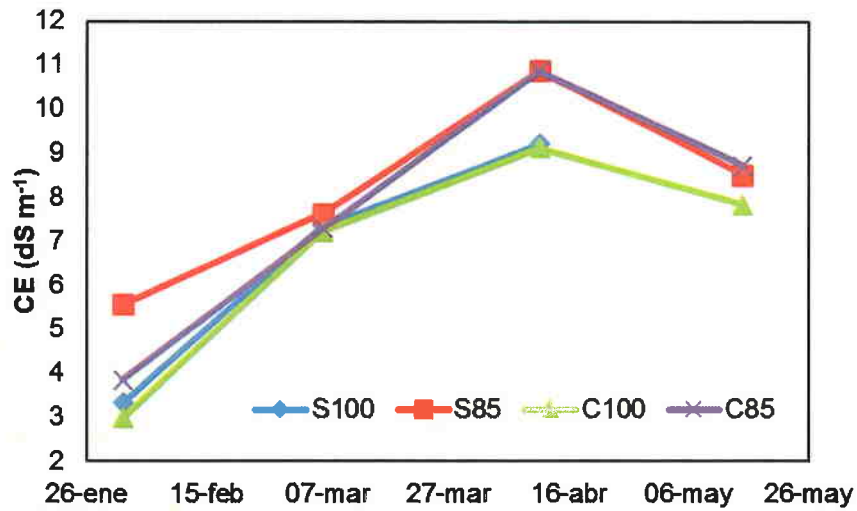


Figura 15. Conductividad eléctrica de la solución suelo a 25 cm durante la temporada.

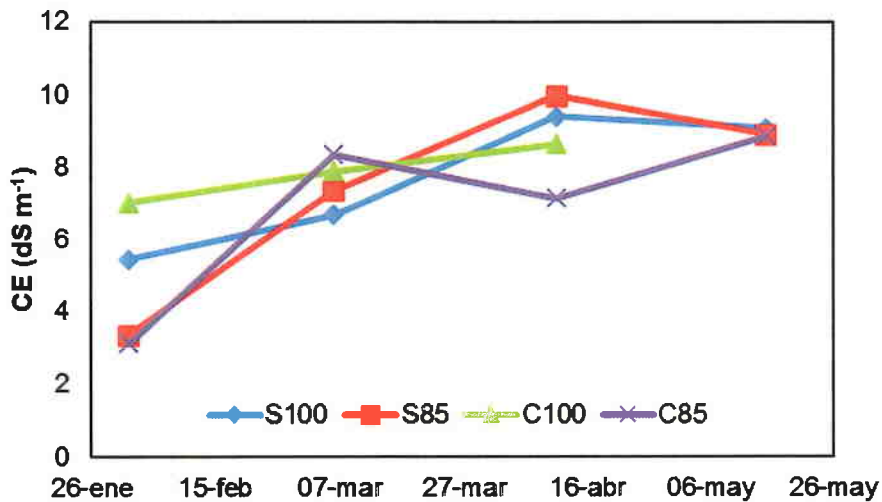


Figura 16. Conductividad eléctrica de la solución suelo a 50 cm durante la temporada

Por otra parte se realizaron mediciones con equipos GS3 a 25 y 45 cm de profundidad, donde se obtuvo la conductividad eléctrica de masa (bulk), y se modeló de acuerdo al modelo de Hilhorst, (2000) para determinar la conductividad eléctrica de poros (Figura 17 y 18), previo ajuste para la condición de suelo. De esos datos se agregó una línea de tendencia lineal, para comparar las pendientes entre tratamientos (Cuadro 5). Los datos muestran una respuesta homogénea entre tratamientos a los 25 cm, mientras a los 45 cm se observan mejores ajustes y diferencias más importantes en las pendientes entre tratamientos, siendo más marcadas en los tratamientos de riego sin desplazador. Ello permite inferir que el desplazador pudo haber actuado homogenizando el lavado de sales independiente de la dosis de riego utilizada.

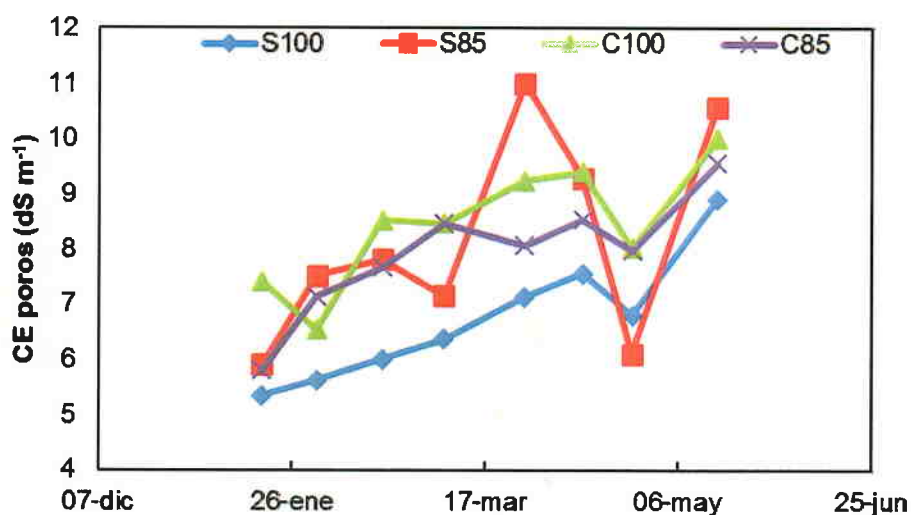
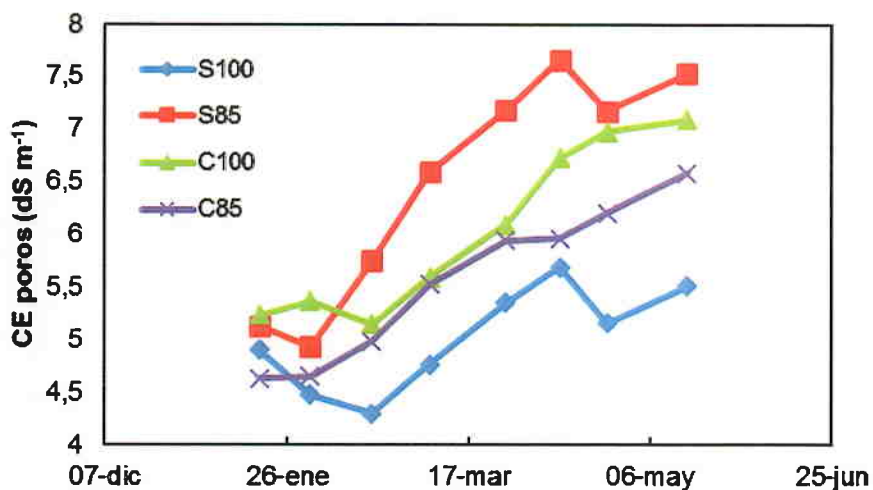


Figura 17. Conductividad eléctrica de poros a 25 cm de profundidad durante la temporada en base al modelo de Hilhorst (2000)



**Figura 18.** Conductividad eléctrica de poros a 45 cm de profundidad durante la temporada en base al modelo de Hilhorst (2000).

**Cuadro 5.** Pendiente del ajuste lineal de la conductividad eléctrica de suelo

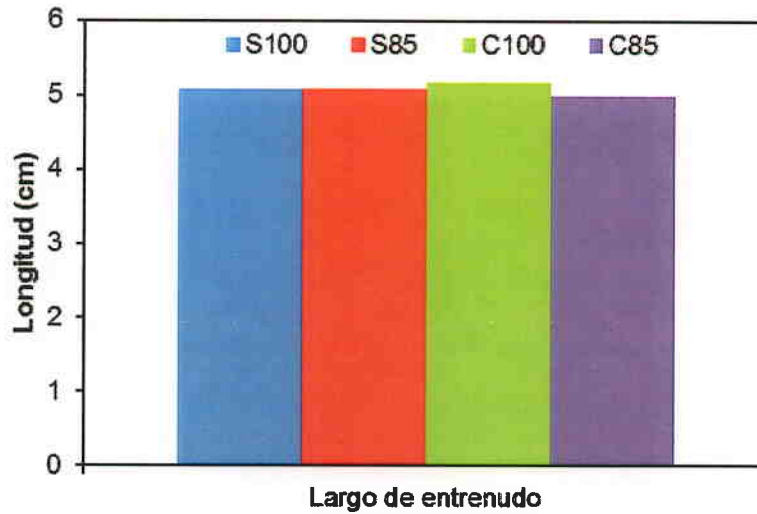
| Tratamiento | Pendiente a 25 cms (R <sup>2</sup> ) | Pendiente a 45 cms (R <sup>2</sup> ) |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| S100        | 0.0261 (0.86)                        | 0.0091 (0.57)                        |
| S85         | 0.0255 (0.3)                         | 0.0244 (0.86)                        |
| C100        | 0.0211 (0.6)                         | 0.0186 (0.91)                        |
| C85         | 0.0231 (0.74)                        | 0.0176 (0.97)                        |

Respecto a variables de crecimiento, se midió el largo y el ancho máximo de hoja cada tres nudos, para determinar el área foliar promedio de hoja (Figura 19). Ello se logró modelando los datos según ecuaciones descritas por Astegiano *et al.* (2001). En dichos datos no se encontraron diferencias significativas, lo que es atribuible a que, como se mencionó anteriormente, las plantas de ningún tratamiento sufrieron estrés hídrico. Dicho fenómeno se evidenció de igual manera en el largo promedio de entrenudo (Figura 20) y el diámetro de tronco, en donde se muestra su diferencia entre el 31 de enero y el 5 de marzo (Figura 21). Se tomaron esas fechas debido a que presentaban la mayor diferencia, debido a las etapas fenológicas del cultivo.

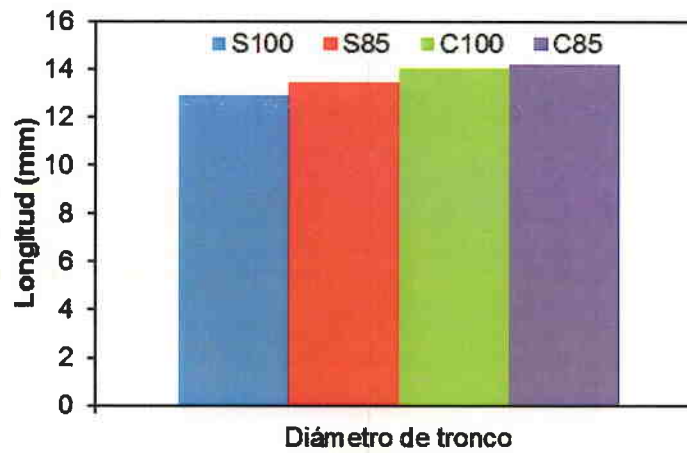


**Figura 19.** Área foliar promedio por tratamiento.



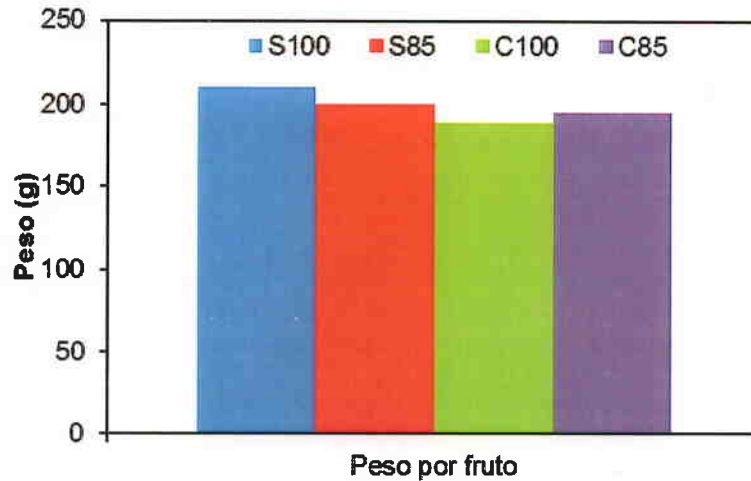


**Figura 20.** Largo promedio de entrenado por tratamiento.

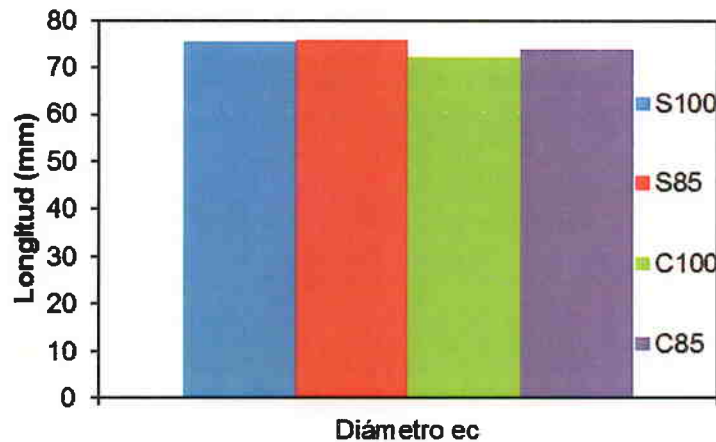


**Figura 21.** Diferencia del diámetro de tronco por tratamiento entre el 31 Ene y el 05 Mar

Respecto a las variables de fruto como el diámetro ecuatorial y el peso por fruto (Figura 22 y 23), los que no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos, atribuibles a la misma razón de porque no hubo diferencias en crecimiento.



**Figura 22.** Peso promedio de frutos por tratamiento en cosecha



**Figura 23.** Diámetro ecuatorial promedio por tratamiento en cosecha

Adicionalmente se midieron variables de la calidad del fruto, como el porcentaje de ácido cítrico y los sólidos solubles en grados Brix. Respecto a la acidez no se encontraron diferencias entre tratamientos (Figura 24), mientras en los sólidos solubles no hubo interacción entre los niveles de riego y desplazador, por lo que se evaluó cada factor por separado, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al uso del desplazador, por otra parte si existen diferencias significativas respecto a la dosis de riego, en donde los tomates regados con un 15% menos de agua, aumentaron en más de un 10% sus sólidos solubles (Figura 25), lo que se puede atribuir a cambios en la repartición de asimilados debido al ajuste osmótico realizado por la planta para tolerar las condiciones hídricas y de salinidad a la que fue sometida.

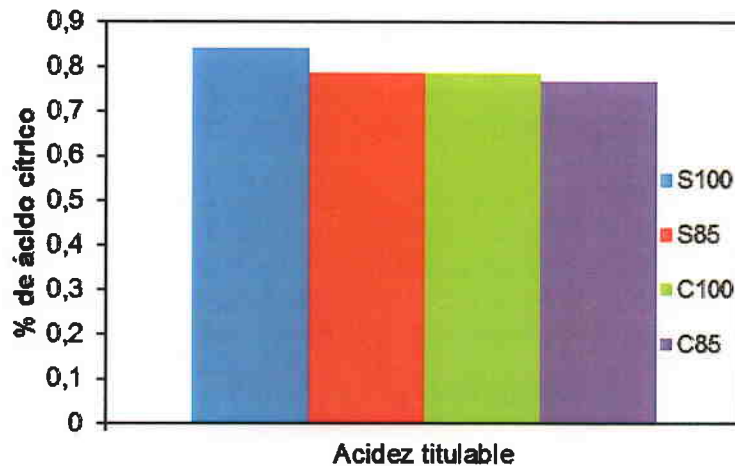


Figura 24. Acidez titulable de los frutos por tratamiento en cosecha

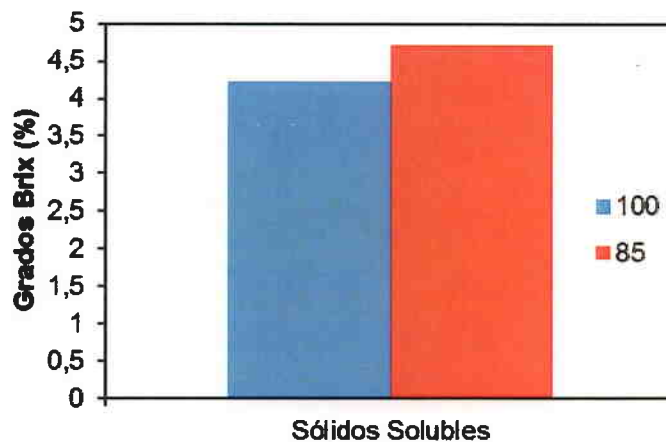
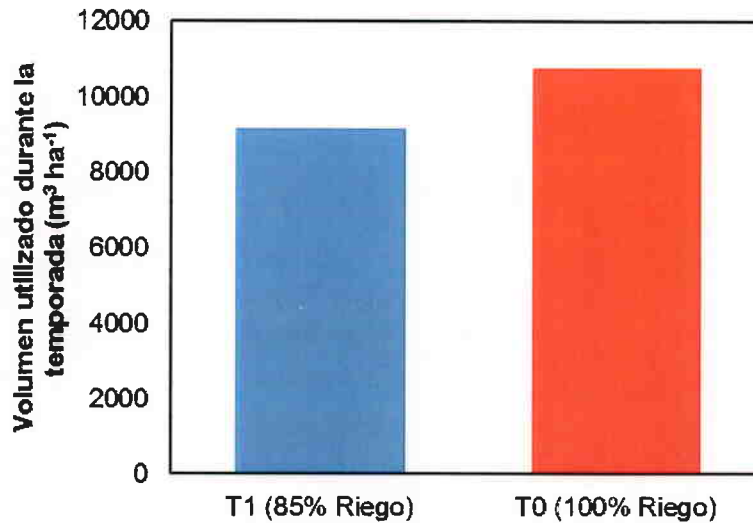


Figura 25. Sólidos solubles en los tratamientos de riego en cosecha.

## Conclusión

Finalmente, como los tratamientos de riego aplicados fueron con un porcentaje de reducción fija 100% versus un 85% en función de la precipitación utilizada y además, a partir de lo observado en la variación del potencial xilemático, crecimiento de la planta y en fruto en la temporada, no se generó estrés hídrico en las plantas bajo monitoreo, por lo tanto, se puede disminuir la dosis de riego más allá de un 15% sin generar un perjuicio en la producción y aumentando la calidad de fruto (sólidos solubles). Esto se traduce, en que un ahorro de agua del 15% significó más de 1600 m<sup>3</sup> de agua por ha en la temporada de enero a mayo, como muestra la Figura 26.

Por otro lado no se observaron en este ensayo diferencias significativas con el uso de desplazadores, si tendencias pero no concluyentes, esto probablemente debido a los altos volúmenes de agua aplicados.



**Figura 26.** Volumen de agua utilizado en m<sup>3</sup> de enero a mediados de mayo.

### **Bibliografía**

Astegiano E.D., J.C. Favaro, C.A. Bouzo. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol 16 (2).

Hilhorst. A. 2000. A pore water conductivity sensor. SOIL SCI. SOC. AM. J., VOL. 64. pp: 4.

Meyer, W., and Reickosky, D. C. 1985. Enclosing leaves for water potential measurement and its effects on interpreting soil induced water stress. Agricultural Meteorology. (35):187-192.

- **Parcela demostrativa Fundo Mallorquina**

## **Introducción**

En el fundo “Mallorquina” tuvo lugar un estudio, el cual, tenía como objetivo demostrar que una reducción en el monto del agua de riego aplicado por el campo no afectaría la fisiología vegetal, el rendimiento y el contenido de sales en el suelo, aquello fue pensado luego de efectuar distintos seguimientos en el campo por medio de calicatas y mediciones con POGO y GS3. El indicador utilizado para cuantificar el efecto sobre la fisiología vegetal es el potencial hídrico xilemático, se ha observado que el olivo puede sobrevivir a potenciales de -50 a -80 bar (Moriana *et al.*, 2002 y Dichio *et al.*, 2003; citado de Rousseaux *et al.*, 2007). Sin embargo, valores umbrales que no afectan el desarrollo productivo de la especie son de 12 a 20 bar (Moriana *et al.*, 2012). El indicador utilizado para medir el contenido de sales en el suelo, fue la conductividad eléctrica de poros, la cual, fue obtenida por dos medios; el primero fue por lisímetros de succión y un conductivímetro de laboratorio; el segundo fue por medio de un TDR marca GS3, con el cual, se obtuvo la dinámica de la conductividad eléctrica que, a su vez, media el contenido de agua en el suelo como contenido volumétrico.

## **Objetivo general**

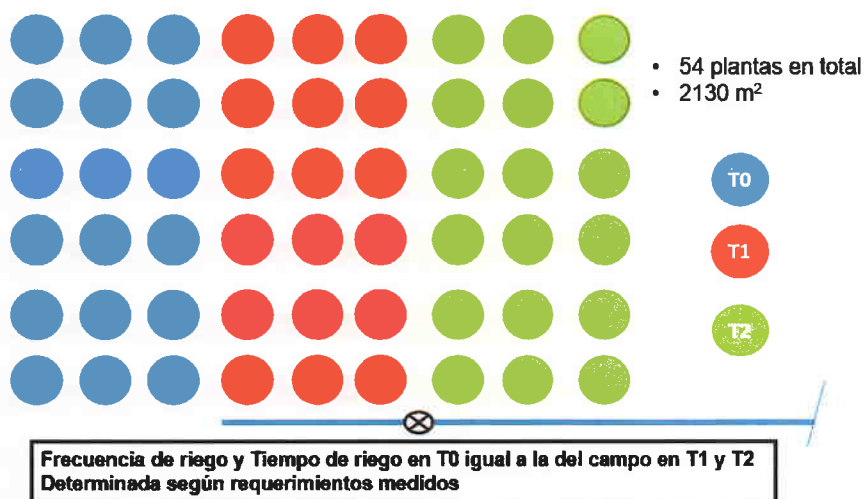
Evaluar la disminución de la aplicación del agua de riego sobre el potencial hídrico xilemático, la conductividad eléctrica del suelo y el rendimiento.

## **Materiales y métodos**

Se instaló una parcela demostrativa de 2130 m<sup>2</sup> en el corte k15 del predio “Mallorquina”, con olivos variedad “Kalamata” de 5 años en el sector de San Pedro, Copiapó. Los arboles estaban con un marco de plantación de 8 x 5 m bajo riego por micro-aspersor. Se montaron 3 tratamientos que constaban de 3 hileras con 16 de plantas por tratamiento, donde se

monitoreó principalmente las 4 plantas de la hilera central. Al tratamiento cero (T0) y al tratamiento uno (T1) se le instalaron sensores TDR de medición continua GS3 (Decagon Devices, USA) junto con un datalogger Em50 (Decagon Devices, USA) para la recolección de datos. Por otro lado a los tres tratamientos se les instalaron 4 lisímetros de succión IRROMETER (Irrrometer, Riverside California) y se les midió el potencial hídrico por medio de un bombín "Pump-Up Chamber" (PMS Instrument Company).

La duración del ensayo fue desde la primera semana de febrero hasta la primera semana de mayo. La disposición de los tratamientos puede verse en la Figura 27



**Figura 27.** Se observa la disposición de las parcelas demostrativas donde T1 y T2 fueron regados según el tiempo y frecuencia de "sales Copiapó" y T0 fue regado con el tiempo y frecuencia del campo.

## Riegos

Para la ejecución de los riegos se realizó una salida de la matriz principal del campo, a la cual, se le instaló una válvula programable de una estación marca NODE (Hunter Industries), como puede verse en la Figura 28. Como se observa en el Cuadro 6, T0 fue regado con el tiempo y frecuencia del campo con micro-aspersores de  $75 \text{ l h}^{-1}$ ; el tratamiento dos (T2) fue regado con el tiempo y frecuencia determinado por "Sales Copiapó" con doble línea de goteros de  $4 \text{ l h}^{-1}$  a  $0,75 \text{ m}$  entre goteros y T1 fue regado con el mismo tiempo y



frecuencia que T2 pero con una precipitación reducida en un 25% con doble línea de goteros de  $4 \text{ l h}^{-1}$  a 1 m. Las líneas de polietileno para goteo, fueron instaladas a 30 cm aproximadamente de la base de la planta.



**Figura 28.** Fitting de PVC y válvulas programables instaladas en Mayorquina

**Cuadro 6.** Se observa el caudal, distancia de emisores, número de líneas y precipitación teórica.

| Tratamiento | Caudal Emisor<br>$\text{l h}^{-1}$ | Dist. entre emisores<br>m | N° Líneas | Precipitación Teórica<br>$\text{mm h}^{-1}$ |
|-------------|------------------------------------|---------------------------|-----------|---|
| 0           | 75                                 | 5                         | 1         | 1,88  |
| 1           | 4                                  | 1                         | 2         | 1,00  |
| 2           | 4                                  | 0,75                      | 2         | 1,33  |

### Conductividad eléctrica

Como se indicó previamente la conductividad eléctrica se obtuvo por dos medios; lisímetros de succión y TDR modelo GS3 a continuación se detalla cada uno de ellos.

### **Lisímetros**

Se instalaron 2 lisímetros por planta marca IRROMETER (Irrrometer, Riverside California) a dos plantas por tratamiento, a 20 y 40 cm de profundidad con un ángulo de 45° aproximadamente, bajo el gotero u micro-aspersor, para medir conductividad eléctrica de la solución suelo, donde cada semana se realizaba succión con un bombín luego de un riego (3 horas después), dejándolo 1 a 2 días en aquella condición para luego extraerla y medirla en un conductivímetro de mesa marca HI 4321 (Hanna instruments).

### **GS3**

Se instalaron 2 TDR marca GS3 (Decagon Devices, Inc.) que integran mediciones de contenido de agua, conductividad eléctrica y temperatura al T1 y T0, con una profundidad de 25 y 50 cm bajo un gotero u micro-aspersor, a 30 cm de la base de la planta. Aquello con la intención de monitorear los riegos y calcular los montos a reponer.

### **Potencial hídrico xilemático**

Se midió el potencial hídrico xilemático todas las semanas por medio de un bombín "Pump-Up Chamber" (PMS Instrument Company) con un rango de medición hasta 25 bar, a una ramilla por tratamiento que estuviera sana antes del riego, esto para observar el comportamiento de la planta, monitorear la cantidad y la frecuencia del riego aplicado.

### **Diámetro y peso de frutos**

Se midió la producción a 4 árboles por tratamiento, la cual, se fue obteniendo a medida que la fruta iba madurando, con fecha límite de extracción del 5/06/2013, donde se recolectaron tanto frutas maduras (negras) y frutas verdes. Primeramente se contabilizaron los frutos totales, pequeños y verdes por árbol determinados de manera visual y luego se pesaba el total de la muestra, después se separaban los frutos pequeños y los frutos grandes extrayéndose 10 frutos por grupo (si es que se lograba esa cantidad), a los cuales, se les

media el diámetro polar y ecuatorial, para finalizar se pesaba el total de frutos, en las Figuras 29-37 se muestran fotos de las 3 cosechas realizadas para los 3 tratamientos.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) y los datos obtenidos de calibre en los 3 tratamientos se sometieron a un análisis de normalidad por el método de Shapiro-Wilks modificado y un análisis de homogeneidad de varianzas por el método de Levene. Cuando los datos se comportan de una manera normal y homogénea, se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza del 95% y cuando presentaron diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de comparaciones de rangos múltiples de Tukey al 5%. Cuando los datos no fueron normales, se realizó un análisis no paramétrico Kruskal Wallis (DCA), según sea el caso, con un nivel de confianza del 95%. La unidad experimental para todos los tratamientos fue la fruta.

#### **Eficiencia productiva, carga frutal y ASTT.**

Con un pie de metro se midió el diámetro de tronco a 20 cm del suelo para determinar el área de sección transversal de tronco u ASTT, esto con el fin de relacionarla con la producción en kg y el número de frutos y así determinar la eficiencia productiva ( $\text{kg fruta} \cdot \text{cm}^{-2}$  de ASTT) y carga frutal ( $\text{n}^\circ \text{ frutos} \cdot \text{cm}^{-2}$  de ASTT).



**Figura 29.** Primera cosecha de la planta 3 en el Tratamiento 2



**Figura 30.** Primera cosecha de planta 4 T1





**Figura 31.** Primera cosecha Planta 3 T0



**Figura 32.** Segunda cosecha Planta 4 T0



**Figura 33.** Segunda cosecha planta 2 T2



**Figura 34.** Segunda cosecha planta 4 T1





**Figura 35.** Tercera cosecha planta 4 T0



**Figura 36.** Tercera cosecha planta 2 T1



**Figura 37.** Tercera cosecha planta 2 T2

## **Resultados y Discusión**

### **Agua aplicada**

En la Figura 38 se puede observar los montos de agua aplicados entre el 3-Feb y el 6-May, como podemos notar T0 recibió la mayor cantidad de agua con un total de  $2149 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , luego T2 fue regado con  $1393 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y T1 recibió  $1045 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

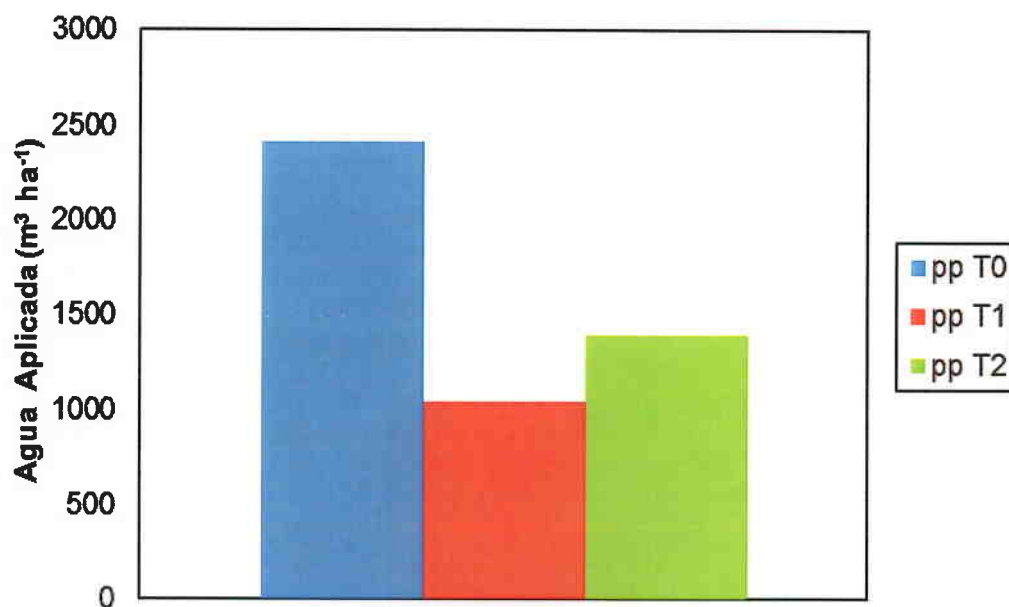


Figura 38. Monto de agua aplicado por tratamiento en altura de agua m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

### Producción

Se observa en el Cuadro 7, que el tratamiento con mayor número de frutos es T1, seguido por T0 y finalizando con T2, cabe señalar que el ensayo al comenzar en febrero ya tenía determinado el número de frutos por árbol, por lo tanto, no fue una variable a analizar, sin embargo, el número de frutos influye en los resultados de calibre por lo que debe ser tomado en consideración para el análisis. Se observa que el % de número de frutos pequeños fue mayor en T2 con un 10 % seguido por T0 con 8,1% y T1 con 7,3 %, aquello indicaría que el tratamiento con menos aplicación de agua (T1) generó menor número de frutos pequeños y mayor número de frutos, lo cual, suena incoherente por lo que se le adjudica a la variabilidad presente en el campo. El % de frutos verdes es 45% para T1, 31 % para T0 y 4,6 % en T2, aquello muestra que hay diferencias significativas entre T2, que fue el tratamiento con aplicación de agua intermedia, en comparación con T1 y T0, lo que pudo ser provocado tanto por el contenido de agua como por la menor carga y eficiencia productiva (Cuadro 7), sin embargo, se destaca como un hecho para ser seguido posteriormente.

Con respecto al calibre, en diámetro polar se observan diferencias significativas entre T2 y T1 tanto en los calibres grandes como pequeños, el resto de combinaciones no muestran diferencias significativas, lo cual, es bastante singular debido a que T1 es el tratamiento menos regado y T0 el con mayor aplicación de agua. Con respecto al diámetro ecuatorial se observan diferencias significativas entre T2 y los otros dos tratamientos tanto en los calibres grandes y pequeños, lo que puede ser atribuido a una mejor distribución de agua en el perfil o a la variabilidad expresada en un comienzo.

Como observamos en las fotografías mostradas en las Figuras 29-37, visualmente no se observan grandes diferencias entre los tratamientos, lo que indicaría de manera preliminar, que una reducción en el contenido de agua no afectaría el rendimiento, sin embargo, no se midió la calidad del fruto, lo cual, debe ser considerado para experiencias posteriores y tampoco se logró medir la inducción y diferenciación floral para las próximas temporadas.

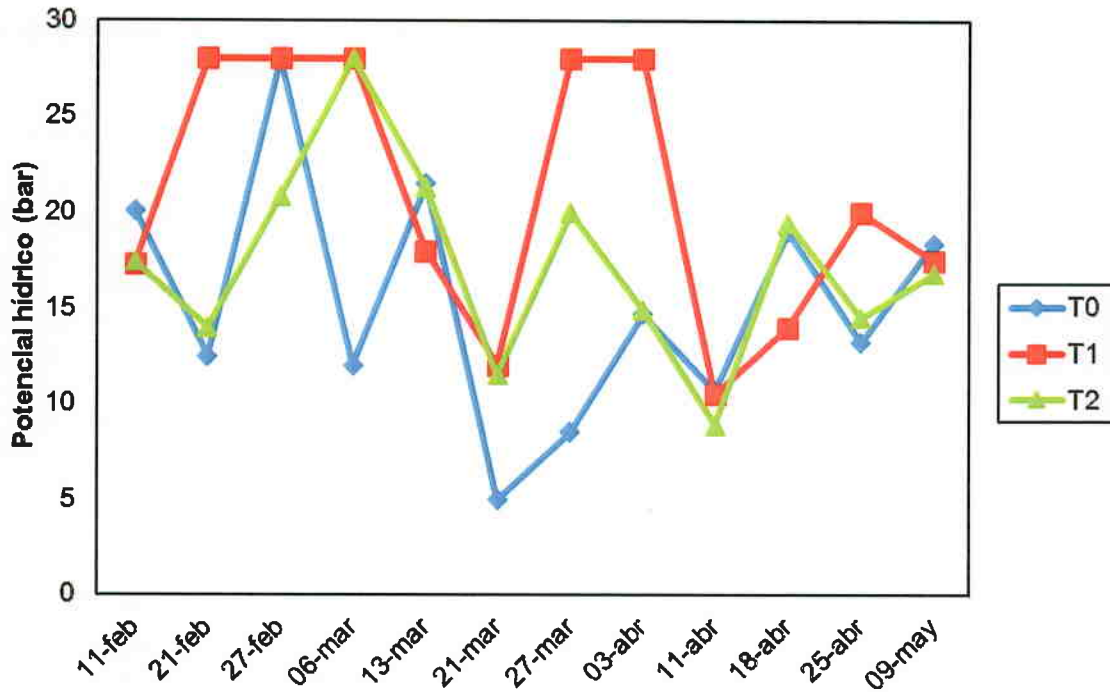
**Cuadro 7.** Se detalla la información productiva obtenida en cada tratamiento, letras diferentes indican diferencias significativas obtenidas por el método de Tukey al 5 % de significancia, los detalles de las pruebas estadísticas se encuentran en ANEXOS II. La lectura de las comparaciones se efectúa de izquierda a derecha para cada diámetro.

| Detalle de la producción   | T0                  |               | T1       |               | T2      |               |      |
|--|---------------------|---------------|----------|---------------|---------|---------------|------|
|  | valor               | desvest (+/-) | valor    | desvest (+/-) | valor   | desvest (+/-) |      |
| N°Frutos total   | 1528                |               | 2628     |               | 1085    |               |      |
| N°Frutos chicos  | 124                 |               | 194      |               | 116     |               |      |
| N°Frutos verdes  | 480                 |               | 1194     |               | 50      |               |      |
| Peso total (g)   | 7945,71             |               | 11910,05 |               | 5603,93 |               |      |
| Eficiencia productiva (kg cm <sup>-2</sup> árbol <sup>-1</sup> ) | 0.34                | 0.16          | 0.45     | 0.16          | 0.36    | 0.09          |      |
| Carga frutal (N°Frutos cm <sup>-2</sup> árbol <sup>-1</sup> )    | 66.63               | 30.40         | 96.92    | 28.8          | 69.98   | 16.17         |      |
| Calibre grande (cm)  | Diámetro polar      | 2,75 (ab)     | 0,16     | 2,73 (a)      | 0,16    | 2,80 (b)      | 0,15 |
|  | Diámetro ecuatorial | 1,82 (a)      | 0,10     | 1,81 (a)      | 0,12    | 1,94 (b)      | 0,11 |
| Calibre chico (cm)   | Diámetro polar      | 2,23 (ab)     | 0,19     | 2,26 (a)      | 0,24    | 2,29 (b)      | 0,13 |
|  | Diámetro ecuatorial | 1,52 (a)      | 0,13     | 1,56 (a)      | 0,18    | 1,63 (b)      | 0,22 |

### Potencial Hídrico Xilemático

El potencial hídrico nos indica el nivel de estrés de una planta, ya sea por contenido de agua o sales, por lo tanto, es un excelente indicador. Como puede observarse en la Figura 39 y en los valores umbrales entregados previamente, T0 y T2 estuvieron 3 veces sobre el valor umbral y T1 estuvo en 5 ocasiones, sin embargo, T0 y T2 estuvieron sobre el valor umbral en 2 ocasiones por 1 bar, por lo que, no se consideró estrés en nuestro análisis. Se destaca mucho la sensibilidad obtenida por este instrumento siendo uno de los más confiables en todo el proyecto. Estos valores sustentan lo obtenido en términos productivos, sin embargo, a pesar del estrés recibido por T1 en distintas ocasiones (no se pudo cuantificar el nivel de

estrés debido a los rangos de medición del instrumento, por lo tanto, se les puso un valor fijo de 28 bar) las plantas de igual forma entregaron calibres sin diferencias a T0 (Cuadro 7).



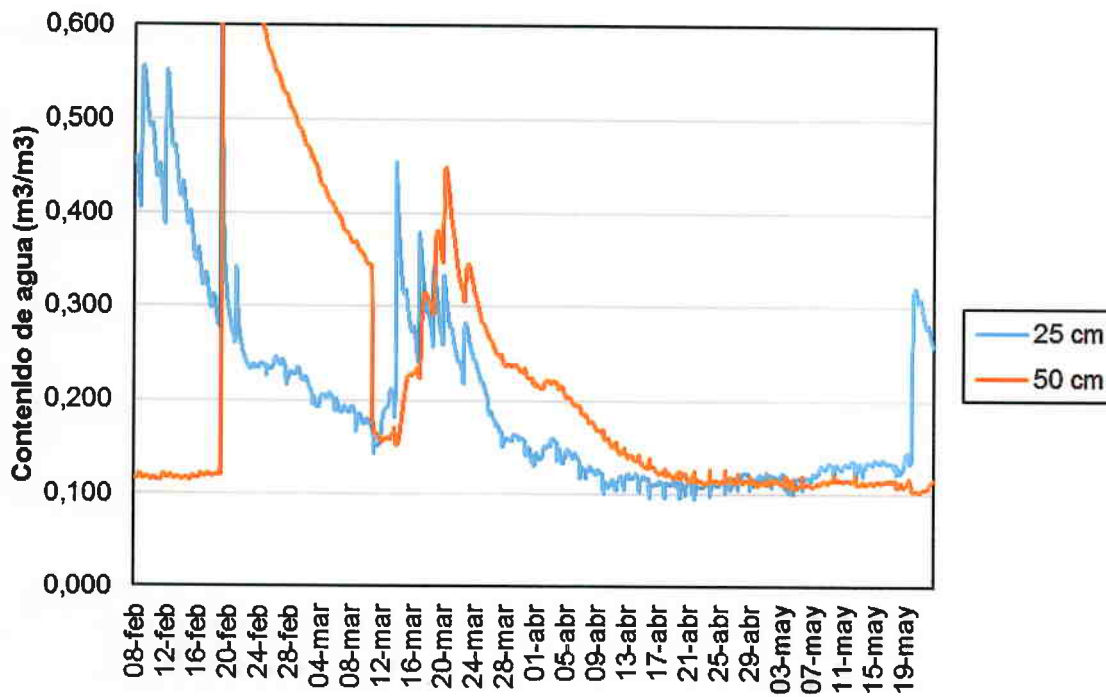
**Figura 39.** Potencial hídrico xilemático obtenido en el periodo de estudio, las mediciones fueron hasta el 9/05/2013 debido a que eran plantas pequeñas y constaban con pocas ramillas. Se observa que T0 y T2 sufrieron un estrés durante la temporada en marzo, donde no se efectuaron unos riegos programados. T1 sufrió 5 estrés durante el estudio sin embargo no podemos saber la magnitud por el rango de medición del bombín, por lo que, para conceptos de grafico se cuantificaron como 28 bar.

### Contenido de agua

A continuación observaremos el contenido de agua de T0 y T1 (Figuras 40 y 41). Con respecto al contenido de agua para T0, se puede observar en la figura 6.a que en un comienzo el sensor a 25 cm marcaba los riegos pero iba siempre en descenso y el sensor en profundidad a 50 cm tuvo un peak que marco un valor errado, por lo que, fue desinstalado e instalado nuevamente, lo anterior es un periodo normal de asentamiento que dura aproximadamente entre 3 semanas a 1 mes y medio, se puede observar que luego del 9-Abr-2013 en ambas profundidades la medición se mantuvo constante y con rangos muy bajos,



esto ocurrió debido a que el micro-aspersor comenzó a fallar, descargando menor cantidad de agua, si se cambiaba de posición iba a estar menos de un mes en la nueva posición y los datos no serían válidos (como se observó en las primeras 2 semanas), por lo tanto, se esperó a que se recuperase, lo cual, ocurrió entrado mayo como se observa en la Figura 40. En T1 se observan valores más estables de contenido de agua, sin embargo, hay una semana en marzo y otra en abril donde los riegos estaban programados pero no fueron realizados, al recibir riegos más continuos y en todo el perfil se los instrumentos se asentaron pronto y permitieron verificar la aplicación de los riegos de forma exitosa. Para determinar los montos a reponer se recomienda comenzar con un balance hídrico por medio de  $K_c$  (FAO 56) para luego verificar y ajustar por medio de bomba Schölander, así se pueden generar valores umbrales que pueden ser seguidos de manera continua con un GS3 u otro TDR, por el momento no se recomienda hacer balances hídricos con el GS3.



**Figura 40.** Variación del contenido de agua volumétrico ( $m^3m^{-3}$ ) en T0

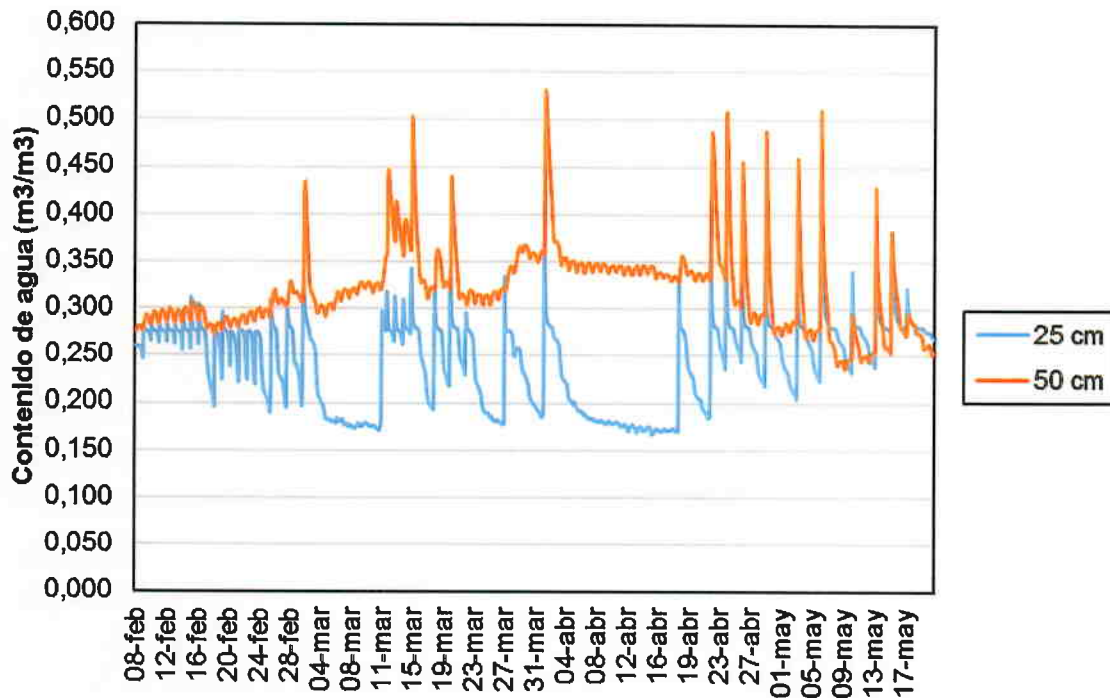


Figura 41. Variación del Contenido de agua en T1

### Conductividad eléctrica

Con respecto a la conductividad eléctrica, para transformar los datos de conductividad eléctrica “bulk” entregada por el sensor a conductividad eléctrica de poros, se utilizó la ecuación de Hilhorst, (2000) Sin embargo, luego de observar que los datos tomaban valores sin sentido en variadas ocasiones para ambos tratamientos, se realizó una calibración especial para un parámetro dentro de la ecuación llamado  $\epsilon_0$ , el cual, es el valor de la permisividad eléctrica real cuando la conductividad eléctrica bulk es 0.  $\epsilon_0$  tiene un valor de 6 o 4,1 (MANUAL GS3) como estándar obtenido de un promedio de variadas texturas de suelo y aquel valor es utilizado en programas como Data Track o ProCheck (Decagon Devices, Inc.), lo cual, es incorrecto para las condiciones encontradas en Copiapó, por lo tanto, como aquel valor no se adecuaba al campo se buscó uno para cada sensor. La metodología de calibración fue un ajuste de mínimos cuadrados del error, entre el valor medido por lisímetros y el entregado por el GS3, dejando como celda variable  $\epsilon_0$  buscando minimizar la suma de los errores cuadrados. Los valores utilizados se muestran en Cuadro 8. Lo descrito

anteriormente se señala como un alerta al comprar o utilizar estos o nuevos productos que miden la conductividad eléctrica en el suelo.

**Cuadro 8.** Valores de  $\epsilon_0$  para la ecuación de Hilhorst.

| <b>Tratamiento</b> | <b>sensor</b> | <b><math>\epsilon_0</math></b> |
|--------------------|---------------|--------------------------------|
| 1                  | 25 cm         | 7,914                          |
| 1                  | 50 cm         | 9,929                          |
| 0                  | 25 cm         | 4,159                          |
| 0                  | 50 cm         | 5,209                          |

Según lo observado la calibración previamente señalada lleva los datos de conductividad a valores lógicos pero no “reales”, por esto, hay que ser cuidadosos para ver los valores absolutos, ya que como puede verse con los lisímetros (Figura 44), estos difieren de los valores observados en GS3. Por esto se requiere de mayor número de repeticiones tanto de lisímetros y GS3 para realizar una calibración más adecuada.

Con respecto a T1 se observa que en superficie el rango de salinidad se mueve entre 4 y 8  $\text{dS m}^{-1}$  y se observan las dos ocasiones en que los riegos no fueron efectuados (Figura 41) donde la conductividad toma valores sin sentido (Figura 43) Con respecto a T0 se observa en superficie una conductividad que fluctúa entre 5 y 10  $\text{dS m}^{-1}$  y se observa la distorsión encontrada debido al bajo contenido de agua observado en la figura 6.a donde en profundidad toma valores elevados.

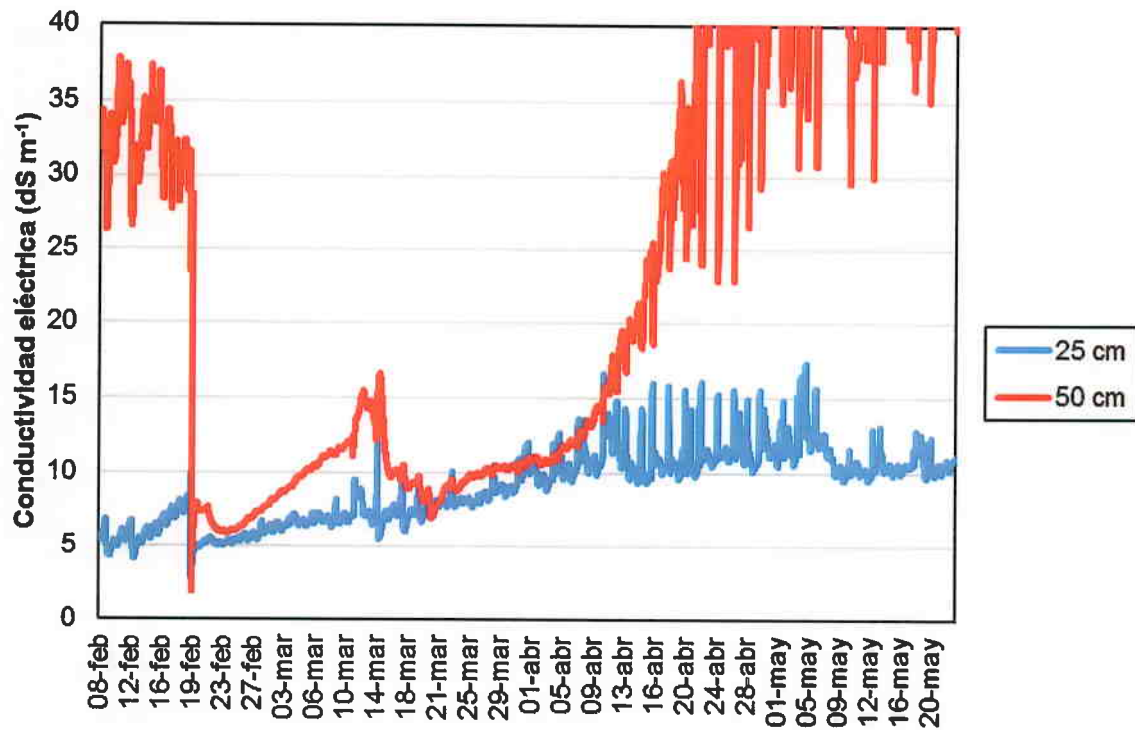


Figura 42. Dinámica de la conductividad eléctrica en T0

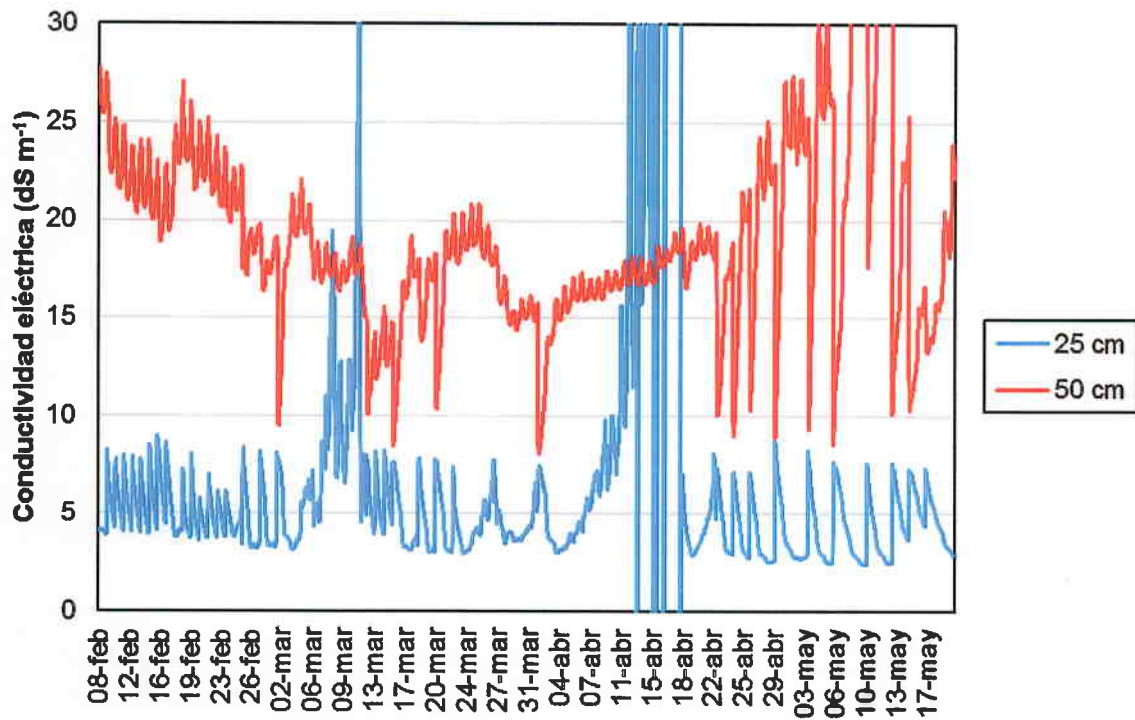


Figura 43. Conductividad eléctrica en T1

## Lisímetros

Los lisímetros miden la conductividad eléctrica de poros de manera directa, por lo que, es el valor más cercano que se puede obtener en comparación con los GS3, sin embargo, es mucho más difícil de obtener. Se puede observar en la Figura 44, que la mayor cantidad de datos se obtiene de T2 y que de T0 y T1 hubo menor cantidad de datos, esto pudo ocurrir porque T2 tal vez tenía una mejor distribución del agua en el perfil que las anteriores, se logra apreciar que los valores obtenidos en T2 en profundidad son muy altos lo que puede explicar el tamaño de las plantas en el sector, las cuales, no superaban los 2 metros (Figura 45). Aquellos valores en profundidad comparados con los obtenidos por los GS3 son muy dispares lo que pondría en duda los modelos aplicados anteriormente, por esto se insiste en que se requiere de mayor cantidad de repeticiones y tal vez una calibración inicial de los GS3 con lisímetros de succión, lo cuales, no eran los objetivos del estudio. Por lo tanto, se recomienda solo tomar las tendencias o valores relativos en los GS3.

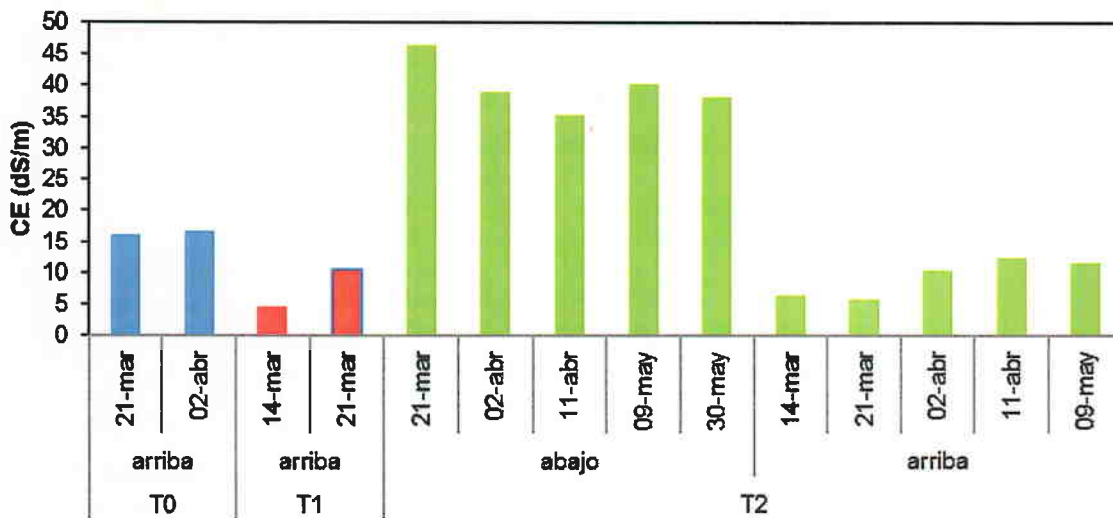


Figura 44. Lisímetros en todos los tratamientos





**Figura 45.** Tamaño de los olivos de 5 años en el sector de estudio.



## Conclusiones

- Se justifica la reducción obtenida en el experimento para el periodo de estudio.
- Se recomienda alargar el ensayo 3 temporadas más para ver efectos en inducción y diferenciación floral.
- La medición de potencial hídrico xilemático demostró ser la mejor opción para este tipo de condiciones.
- Los lisímetros de succión son una buena herramienta para ver la conductividad eléctrica de poros.
- Los altos valores de conductividad eléctrica de poros en profundidad medidos por lisímetros de succión justifican el tamaño actual de los árboles.
- Los GS3 resultaron ser buenos sensores para ver las fluctuaciones de los riegos
- Los GS3 requieren calibración previa con lisímetros de succión para ver valores absolutos de conductividad eléctrica de poros.

## Bibliografía

Decagon Devices, Inc. 2011. GS3 water content, EC and Temperature Sensors. Operators Manual, Version 0. Pullman. pp: 32.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia. 2006. Estudio FAO Riego y Drenaje No 56. Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia: 31-40.

Hilhorst. A. 2000. A pore water conductivity sensor. SOIL SCI. SOC. AM. J., VOL. 64. pp: 4.

Moriana. A., Pérez-López. D., Prietoc. M., Ramírez-Santa-Paud. M., Pérez-Rodríguez. M. 2012. Midday steam water potential as useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. Agricultural Water Management 112. pp. 43-54.

Rousseaux. M., Benedetti. J., Searles. P. 2008. Leaf-level responses of olive trees (*Olea europaea*) to the suspension of irrigation during the winter in an arid region of Argentina. *Scientia Horticulturae* 115. pp 135-141.

- **Parcela demostrativa Fundo La Castellana**

### **Introducción**

En el fundo “La Castellana” tuvo lugar un estudio, el cual, tenía como objetivo demostrar que una reducción del 50% de agua aplicada por el campo, no afectaría la fisiología vegetal ni el contenido de sales en el suelo, aquello fue pensado luego de efectuar distintos seguimientos en el campo por medio de calicatas y mediciones con POGO y GS3. El indicador utilizado para cuantificar el efecto sobre la fisiología vegetal es el potencial hídrico xilemático, se ha observado que el olivo puede sobrevivir a potenciales de -50 a -80 bar (Moriana *et al.*, 2002 y Dichio *et al.*, 2003; citado de Rousseaux *et al.*, 2007), sin embargo, valores umbrales para no tener reducción vegetativa son 12 a 20 bar (Morina *et al.*, 2012). El indicador utilizado para medir el contenido de sales en el suelo, fue la conductividad eléctrica de poros, obtenida por medio de lisímetros de succión y un conductivímetro de laboratorio

### **Objetivo general**

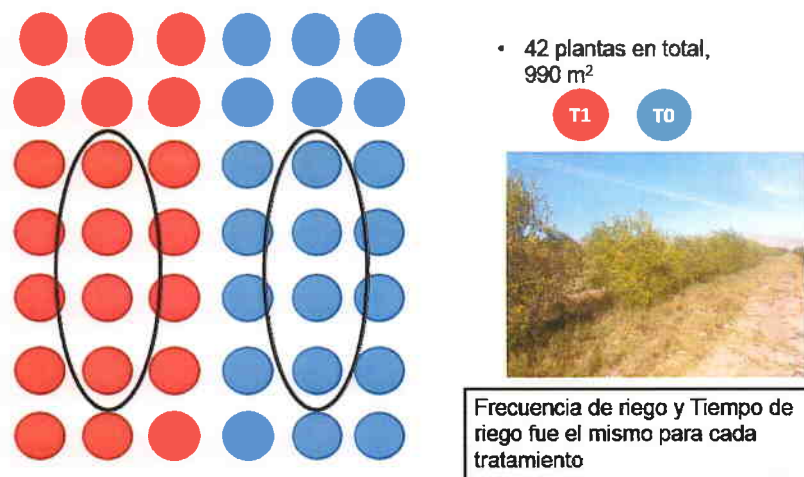
- Evaluar la disminución de la aplicación del agua de riego sobre el potencial hídrico xilemático y la conductividad eléctrica del suelo.

## Materiales y métodos

Se instaló una parcela demostrativa de 990 m<sup>2</sup> en el corte 10 del predio “la Castellana” con olivos variedad “Kalamata” en el sector de San Pedro, Copiapó, los arboles estaban con un marco de plantación de 8x4 bajo riego por goteo correspondientes a olivos de la variedad Kalamata.

Se montaron 2 ensayos o tratamientos que constaban de 3 hileras con 18 de plantas por tratamiento, donde se monitoreó principalmente las 4 plantas de la hilera central. A los tratamientos se les midió el potencial hídrico xilemático por medio de un bombín “Pump-Up Chamber” (PMS Instrument Company), la conductividad eléctrica de poros por medio de un conductímetro de mesa marca HANNA modelo HI 4321 (Hanna instruments) previa extracción de la solución por medio de lisímetros de succión marca IRROMETER (Irrrometer, Riverside California) y el contenido de agua por medio de un DIVINER 2000 (Sentek, Technologies) con una frecuencia semanal. Debido a que el sector se encontraba en baja, no había suficiente producción en los tratamientos para ser analizados y sacar conclusiones, por lo tanto, no se midió aquel parámetro.

La duración del ensayo fue desde el 2-Feb-2013 al 3-Jun-2013, la disposición de los tratamientos puede verse en la Figura 46



**Figura 46.** Se observa la disposición de los tratamientos en el corte 10.

## Riegos

El tratamiento cero (T0) constaba de doble línea de goteros a 1 m de 8 l/h y el tratamiento uno (T1) constaba de doble línea de goteros a 1 m de 4 l/h como puede observarse en el Cuadro 9. La frecuencia y tiempo de riego fue determinada por el campo debido a que solo se cambiaron líneas de polietileno, modificando con esto la precipitación del equipo. Por lo tanto, en cualquier caso, se redujo el riego en un 50% de lo aplicado por el campo.

**Cuadro 9.** Se observa el caudal, distancia de emisores, número de líneas y precipitación teórica

| Tratamiento | Caudal Emisor<br>$l\ h^{-1}$ | Dist. entre goteros<br>m | N° Líneas | Precipitación Teórica<br>$mm\ h^{-1}$ |
|-------------|------------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------------------|
| 0           | 8                            | 1                        | 2         | 2                                     |
| 1           | 4                            | 1                        | 2         | 1                                     |

## Conductividad eléctrica

Se instalaron 2 lisímetros de succión por planta (Irrometer, Riverside California) a dos plantas por tratamiento, a 20 y 40 cm de profundidad con un ángulo de 45° aproximadamente, bajo el gotero, para medir conductividad eléctrica de la solución suelo, donde cada semana se realizaba succión con un bombín luego de un riego (3 horas después), dejándolo 1 a 2 días en aquella condición para luego extraerla y medirla en un conductímetro de mesa marca HI 4321 (Hanna instruments). La disposición de instalación puede observarse en la Figura 47.



**Figura 47.** Se observan los lisímetros bajo un gotero en el tratamiento 0

### **Potencial hídrico xilemático**

Se midió el potencial hídrico xilemático todas las semanas por medio de un bombín “Pump-Up Chamber” (PMS Instrument Company) con un rango de medición hasta 25 bar, a una ramilla por tratamiento, sana, antes del riego, esto para observar el comportamiento de la planta ante la aplicación y frecuencia en los riegos.

### **Contenido de agua**

Se instaló un tubo de acceso por tratamiento, para observar el contenido de agua en cada medición de potencial hídrico, por lo tanto, cada vez que se medía potencial hídrico xilemático se efectuaba una medición con DIVINER 2000 (Sentek Technologies). La disposición de medición se muestra en las Figuras 48 y 49.





**Figura 48.** Se observa las líneas de polietileno del tratamiento 1 las cuales estaban a 30 cm de la base de la planta



**Figura 49.** Se observa las líneas de polietileno del tratamiento 2 las cuales se encuentran a 90 cm de la base de la planta



## Resultados y discusión

### Agua aplicada

Para saber los riegos se llamaban por teléfono al encargado los días lunes de cada semana y se consultaba la frecuencia y tiempo de riego, esto debido a que el campo lamentablemente no maneja una planilla de riegos. A continuación en la Figura 50 se muestran los montos de agua aplicados, los cuales deberían ajustarse a la realidad.

Como se puede observar T0 (Figura 51) y T1 (Figura 52) no tuvieron diferencias visuales, ambas se ven con las hojas coloreadas amarillas, como al comenzar el ensayo, por lo que, se infiere que la reducción del 50% no tuvo efecto negativo en las plantas.

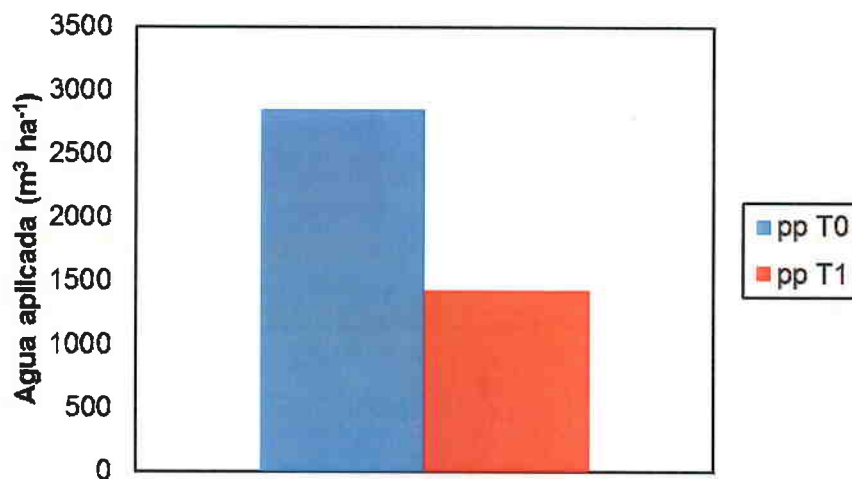


Figura 50. Monto de agua aplicado en castellana durante febrero a mayo.



**Figura 51.** Fotografía del tratamiento 1 (T1) al finalizar el ensayo



**Figura 52.** Fotografía del tratamiento 0 (T0) al finalizar el ensayo

### **Conductividad eléctrica**

Se observa en la Figura 53 que la conductividad eléctrica medida por un conductímetro de laboratorio, es similar en ambos tratamientos, omitiendo los datos iniciales, los cuales, se pueden explicar por la disposición de las líneas de polietileno. Como se pudo observar en la

metodología (Figuras 48 y 49) las líneas del campo en T0 están a 90 cm de la planta, y al cambiarlas por las líneas de polietileno del ensayo, estas se pusieron a 30 cm, probablemente en aquella zona se estaba acumulando sales, las cuales, fueron lavadas luego de dos eventos de riego.

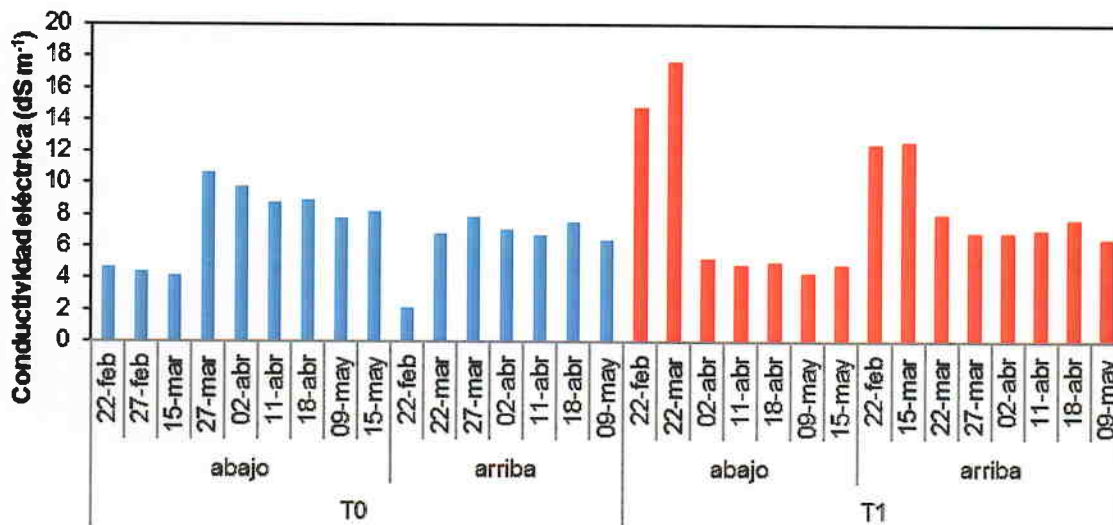
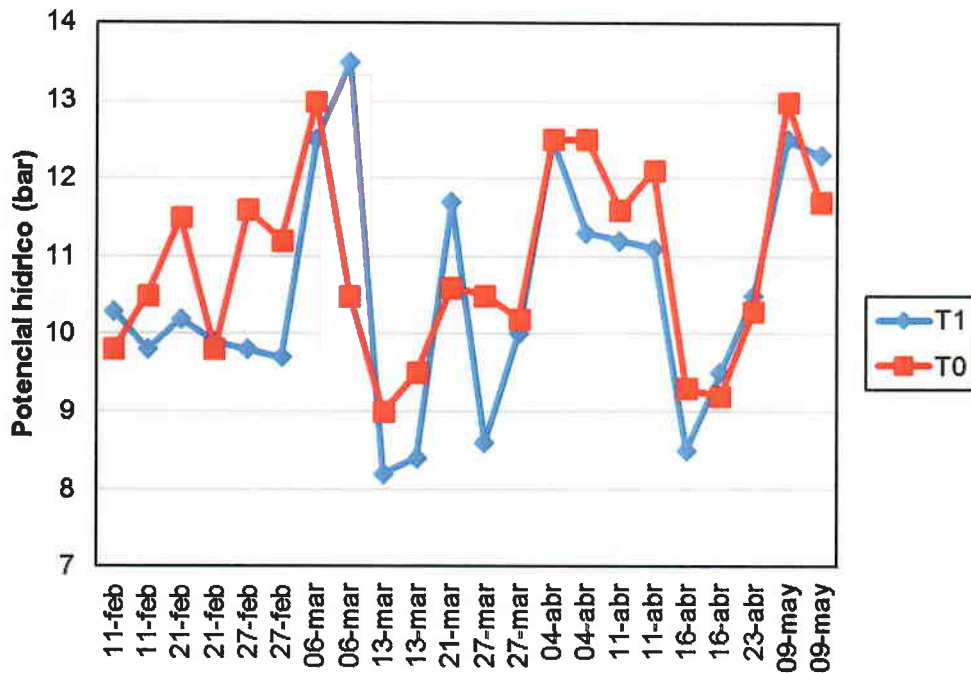


Figura 53. Conductividad eléctrica de poros medida con un conductivímetro de mesa

### Potencial hídrico xilemático

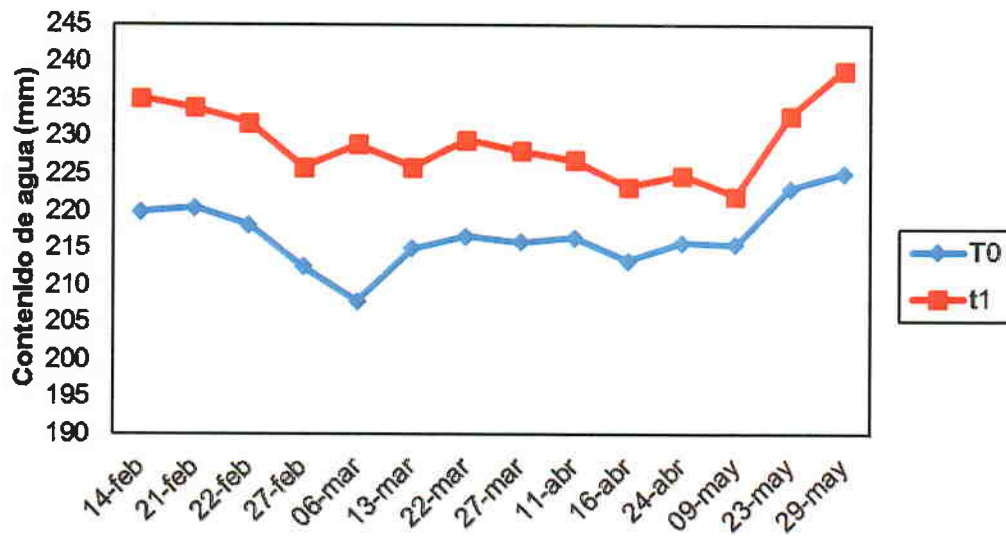
A pesar de haber disminuido en un 50% la aplicación de agua en el campo se observa que el potencial hídrico xilemático no tuvo gran variación durante el ensayo, el valor es bajo y se podría inferir que la planta estaba con su metabolismo bajo o que estaba con exceso de agua. En la Figura 54 se observa lo anterior.



**Figura 54.** Potencial hídrico xilemático en el corte 10 la castellana

### Contenido de agua

Los tubos de acceso fueron instalados en el eje de la planta para ambos tratamientos, por lo tanto, T1 estaba a 30 cm de la línea de polietileno y en T0 a 90 cm, aquello comprobó lo conversado anteriormente sobre los datos iniciales de lisímetros, debido que, a pesar que T0 fue regado con el doble de agua que T1, los datos tomados con DIVINER 2000 indicaron en todas las mediciones que en aquel lugar había menos agua, como podemos observar en la Figura 55.



**Figura 55.** Contenido de agua medido con DIVINER 2000

### Conclusiones

- La reducción de un 50 % no tuvo ningún efecto en la fisiología de la planta ni la salinidad del suelo.
- Se recomienda realizar análisis químico de suelo y foliares para ver la falta de algún micronutriente
- Se recomienda realizar un análisis de pH de suelo.
- Se recomienda realizar un análisis físico de suelo

## **Bibliografía**

Moriana A., Pérez-López D., Prietoc M., Ramírez-Santa-Paud M., Pérez-Rodríguez. M. 2012. Midday stem water potential as useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. *Agricultural Water Management* 112. pp. 43-54.

Rousseaux M., Benedetti J., Searles P. 2008. Leaf-level responses of olive trees (*Olea europaea*) to the suspension of irrigation during the winter in an arid region of Argentina. *Scientia Horticulturae* 115. pp 135-141.

- **Parcela demostrativa Fundo Verterra**

## **Introducción**

Dentro de las principales decisiones de diseño de riego, se encuentra la definición del marco de riego, la cual integra la distribución de raíces, las características del suelo como profundidad, textura, permeabilidad, etc. La definición del emisor, su caudal e distanciamiento entre ellos, además de definir una precipitación instantánea, también tiene una relación directa con la distribución espacial del bulbo de mojado. Por esta razón, bajo una misma frecuencia de riego y monto aplicado se plantea realizar esta comparación entre montos iguales y menores con un distinto marco de riego al utilizado en el huerto.

## **Objetivo General**

Evaluar la respuesta en el rendimiento, potencial xilemático y conductividad eléctrica de la solución suelo en base a distintos marcos de riego y monto aplicados de riego.

## **Materiales y Métodos**

### **Características del Huerto**

Se realizó el montaje de una parcela demostrativa en un huerto de perteneciente a Verterra (27°19'44.79" latitud Sur, 70°23'8.42"O) en el sector de Bodega, Copiapó. Consta de un



huerto de años de edad, y está bajo riego por goteo. El diseño de riego corresponde a emisores de  $4 \text{ l h}^{-1}$ , con una línea de goteros por hilera, distanciados a 0,5 m, lo que determino una precipitación equivalente del huerto de  $2,66 \text{ mm h}^{-1}$ . Los árboles que se utilizaron se encontraban en un marco de plantación de 3 m x 2 m de uva de mesa de la variedad Red Globe, con sistema de conducción del tipo parrón español.

### Tratamientos

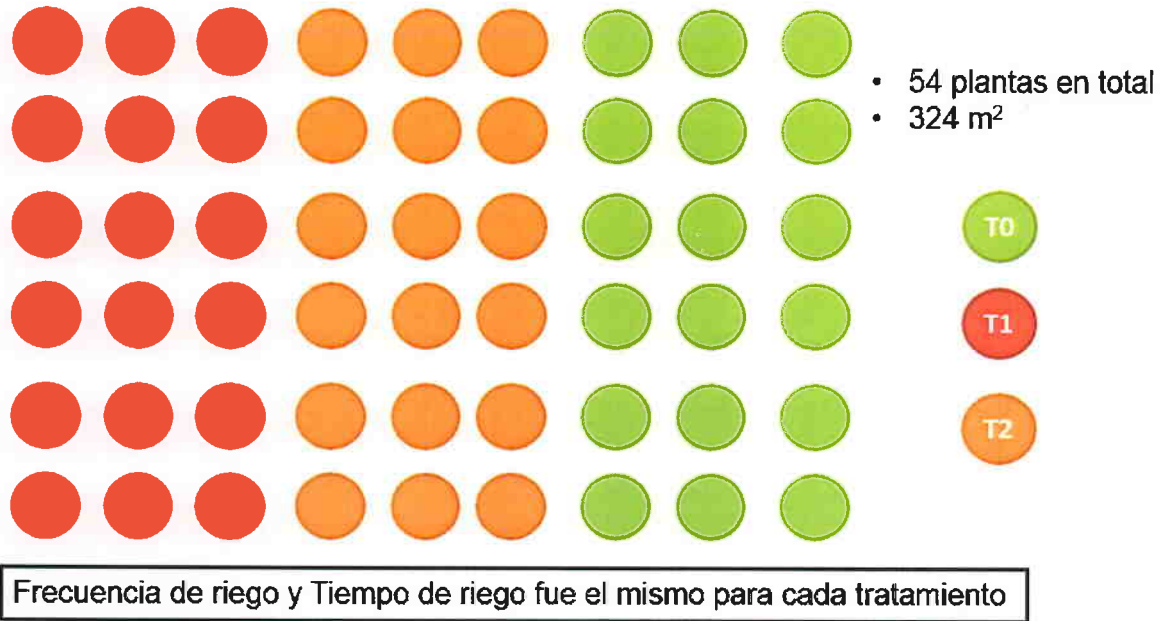
Se aplicaron 3 tratamientos de riego definidos por distintos marcos de riego que permitan aplicar un tratamiento con la misma precipitación que el tratamiento testigo y otro con una distinta precipitaciones de riego en un mismo tiempo de riego y frecuencia, para lograr esta distribución, se realizó un cambio de las líneas de goteo y emisores como se detalla en el Cuadro 10. Por lo tanto, los riegos fueron aplicados en base a la frecuencia y tiempo de riego definidos por el huerto, implicando que se mantengan de forma constante la proporcionalidad en los montos aplicados durante el periodo del ensayo.

**Cuadro 10.** Descripción de los tratamientos de riego en la parcela de Verterra

| Tratamiento | Caudal<br>$\text{l h}^{-1}$ | Dist. entre<br>goteros<br>m | N° Líneas | Precipitación<br>Teórica<br>$\text{mm h}^{-1}$ | Precipitación respecto a T0<br>% |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|--|----------------------------------|
| T0          | 4                           | 0,5                         | 1         | 2,667  | 100                              |
| T1          | 4                           | 1                           | 2         | 2,667  | 100                              |
| T2          | 2                           | 0,75                        | 2         | 1,778  | 66,667                           |

### Características del sitio y distribución de los tratamientos

La zona donde se realizó el ensayo correspondió a una superficie total de  $324 \text{ m}^2$ , con 3 hileras por tratamiento, con 6 plantas por hilera, utilizándose 54 plantas en total (Figura 56). El suelo corresponde a un suelo de clase textural arenosa, en profundo y muy homogéneo cuya principal característica es que las raíces se encuentran muy superficialmente y acotadas espacialmente (Figura 57). El periodo de estudio es desde el 8-Feb-2013, hasta el 12-Abr-2013.



**Figura 56.** Esquema de la distribución espacial de los tratamientos y número de plantas utilizadas en el ensayo.



**Figura 57.** Raíces distribuidas dentro de los primeros 30 cm de suelo

### Potencial xilemático

Se seleccionaron 2 hojas del parrón no expuestas al sol en una posición cercana al centro de la planta por tratamiento, se encerraron en bolsas plásticas con papel aluminio por al menos una hora, antes de realizar la medición (mediodía). Luego las hojas se cortaron y el potencial

hídrico fue determinado por medio de una cámara de presión Schölander de tipo bombín (PMS Instrument Company) Las mediciones se realizaron cada semana.

### **Área sección transversal de tronco (ASTT)**

Utilizando un pie de metro se procedió a medir el diámetro de tronco mayor y menor en cm, para luego con promedio de los diámetros se calcule el ASTT ( $\text{cm}^2$ ). La medición se realizó a 20 cm sobre el suelo.

### **Producción total, eficiencia productiva, peso promedio de racimos**

Al momento de la cosecha se pesaron 4 racimos del parrón de 4 puntos distales de las plantas tratados de 3 plantas por tratamiento, los cuales se pesaron de forma individual, luego se promediaron obteniéndose el peso promedio de racimos, además se realizó el conteo de racimos de cada planta medida, estimando por la multiplicación del número de racimos con el peso promedio, el rendimiento por árbol. Este rendimiento por planta se relacionó con el ASTT y se determinó la eficiencia productiva expresada como  $\text{kg de fruta} \cdot \text{cm}^{-2}$  de ASTT. Dentro del desarrollo del ensayo ocurrió que por dificultades externas se realizó el último riego el 26-Mar, no pudiéndose regar las siguientes fechas, de manera que la cosecha se tuvo seguridad de esa decisión, se realizó la cosecha del parrón siendo el 12-Abr.

### **Variación del contenido de agua del suelo**

El contenido volumétrico de agua en el suelo (VWC), se monitoreo a 20 cm y a 40 cm de profundidad en forma continua con intervalos de 20 min, con una sonda GS3 (Decagon Devices). Los datos fueron almacenados en 1 Datalogger Em50 (Decagon Devices). Se instalaron en 2 tratamientos T0 y T2, aproximadamente a 20 cm del eje, cercanas a un gotero (Figura 58).



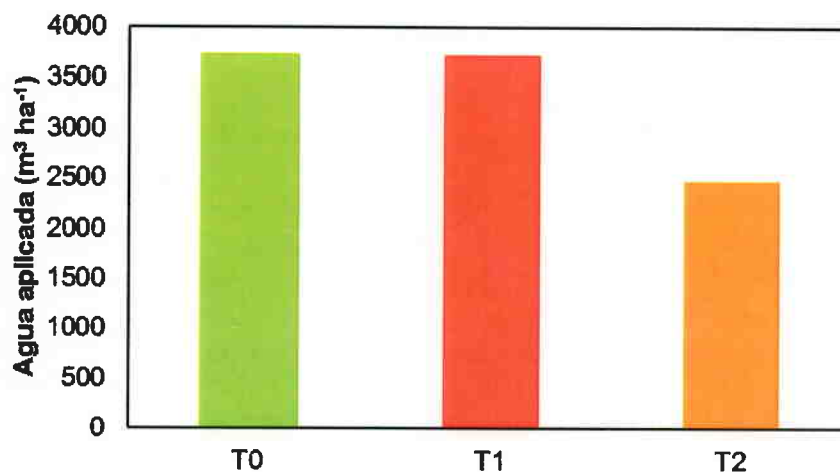
**Figura 58.** Datalogger instalado en T2 junto con los sensores en el parron de Red Globe.

### **Lisímetros y conductividad eléctrica de la solución suelo.**

Se instalaron 2 lisímetros de succión (Irrometer) por tratamiento, a 20 y 40 cm de profundidad, con un ángulo de  $45^\circ$  aproximadamente bajo la línea de goteo adyacentes a los sensores GS3, donde con una frecuencia de una semana se realizaba succión con un bombín (3 horas antes de la extracción). Posteriormente la solución extraída se media en un conductímetro de laboratorio (HI 4321, Hanna Instruments). Asimismo de forma paralela, los sensores GS3 realizaban el registro de la conductividad eléctrica de la masa de suelo, la cual en base a otros parámetros medidos por el sensor se estimó la conductividad eléctrica de la solución suelo en base al modelo de Hilhorst (2000).

### **Resultados y Discusión**

Agua aplicada entre el 09-Feb y el 26-Mar equivale a 372,44 mm para los tratamientos T0 y T1, y de 248 mm para T2, traduciéndose en una diferencia de 124 mm entre los tratamientos T0 y T1 con T2. (Figura 59)



**Figura 59.** Montos totales de agua aplicados en los 3 tratamientos de riego durante el ensayo Verterra.

### Potencial xilemático

En cuanto al potencial hídrico xilemático observado durante la temporada de medición (Figura 60), se observa un comportamiento similar entre los tratamientos de igual precipitación, mientras que T2 presenta un comportamiento más variable, no obstante se puede ver que T0 muestra potenciales xilemáticos levemente mayores al tratamiento de igual precipitación pero con distinta distribución de líneas. Al final del ensayo se observó que el tratamiento testigo se separa más de los otros tratamientos de riego, la razón puede ser que como la distribución del agua en el suelo es más acotada y con menor distribución espacial, al disminuir la frecuencia de riego los síntomas de estrés se presentan con mayor facilidad y antes, es por esto que no se observarían diferencias entre los tratamientos T1 y T2 en las últimas fechas.

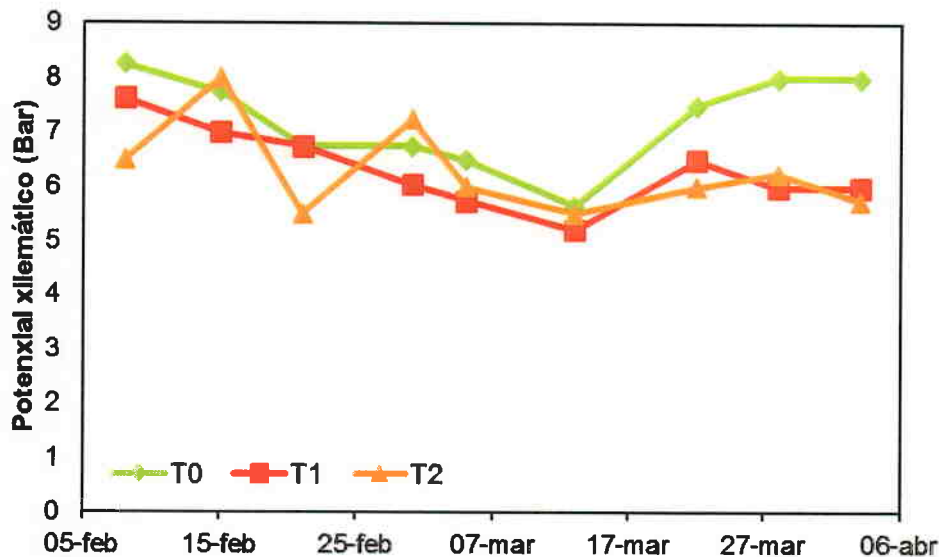


Figura 60. Potencial xilemático de los 3 tratamientos de riego durante el ensayo.

### Contenido de agua en el suelo

Es importante recordar que estos sensores fueron instalados en un suelo arenoso, de muy baja capacidad de retención de agua, por lo tanto, el contenido de agua tiende a ser muy variable en cada evento de riego y este comportamiento se ve en la Figura 61, donde durante los riegos realizados y la frecuencia empleada inicialmente en T0 se observa que se mantiene en un rango constante hasta finales de febrero, posterior a esa fecha, la frecuencia de riego empieza a disminuir, por ende también disminuyen los rangos de variación del contenido de agua, conforme avanza el tiempo se observa una leve baja en los contenidos de agua hasta la última fecha de riego. En T2 se presenta una variación similar en un inicio, pero en el 20 de febrero se puede apreciar que hubo un reordenamiento del suelo por efecto del riego realizado en esa fecha (8 horas), cambiando la curva de contenido de agua a valores menores (Figura 62), este efecto localizado se aprecia con mayor detalle en la Figura 63, donde se avala este comportamiento, porque el suelo que se estaba mojando disminuyó de forma repentina su contenido de agua y luego volvió a aumentar, asimismo está “detención” no se presenta en los otros sensores monitoreados, además este cambio brusco, repercutió posteriormente en los valores entregados por el modelo ajustado de Hilhorst para la condición de suelo evaluada. Por otro lado dentro de los valores de magnitud se puede ver que en T2 los valores de contenido de agua son menores que en T0, aunque la pérdida posterior al último riego es menor comparada con T0.



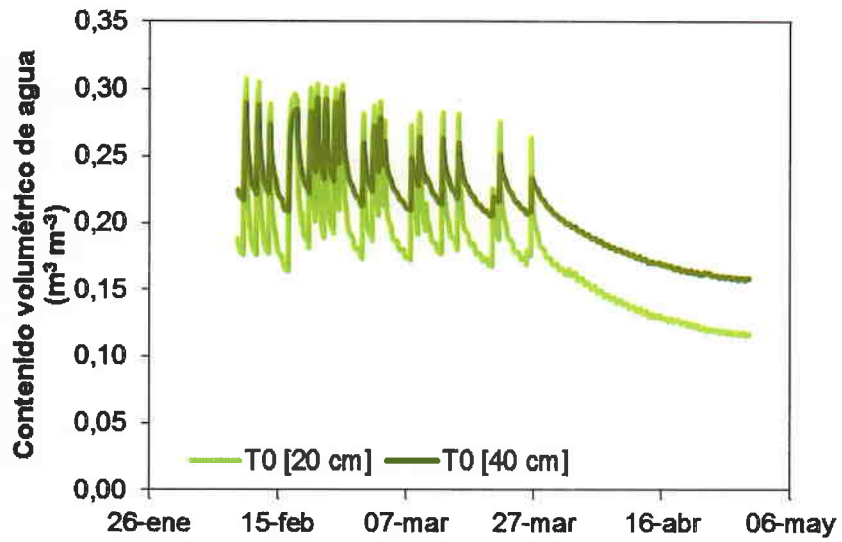


Figura 61. Contenido volumétrico de agua en el suelo del tratamiento T0 durante el ensayo

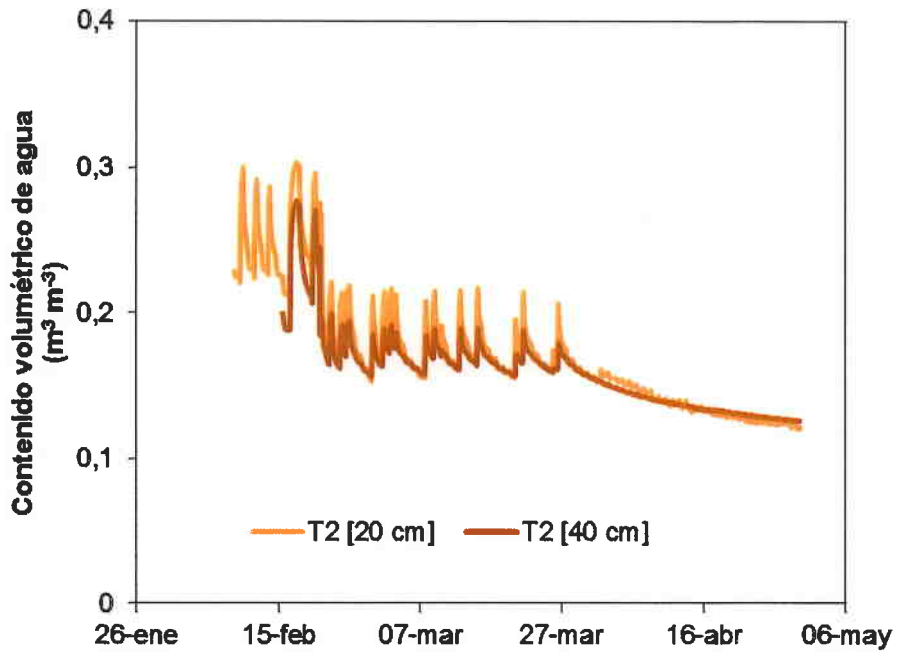
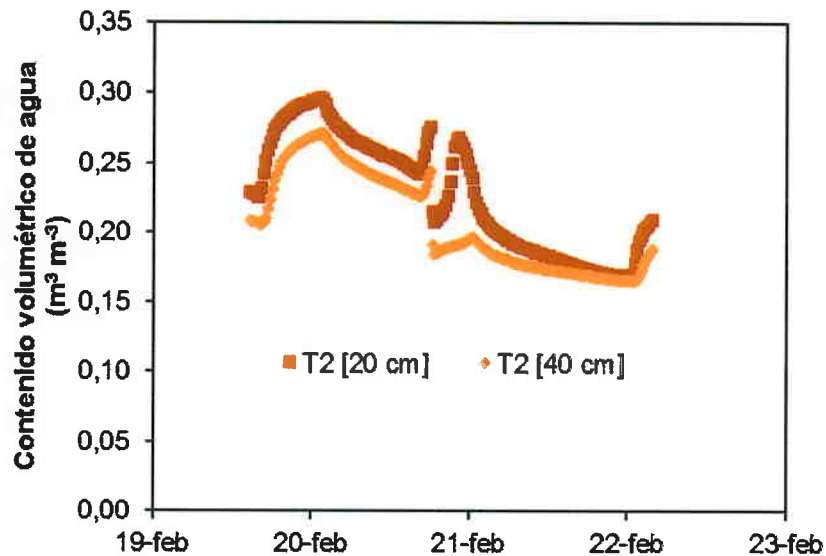


Figura 62. Contenido volumétrico de agua en el suelo del tratamiento T2 durante el ensayo



**Figura 63.** Variación del contenido volumétrico de agua en el suelo del tratamiento T2 durante el 20-Feb, mostrando el comportamiento errático del sensor durante un riego de 8 horas.

### Conductividad eléctrica de poros

Dentro del ensayo se describe en la metodología el uso de lisímetros de succión, sin embargo en la práctica, la utilidad en suelos arenosos es menor, ya que independientes de ser realizada una succión por un tiempo mayor a 2 horas, los montos de agua extraída son muy bajos para realizar mediciones acertadas del contenido de sales en el suelo, dentro del periodo se lograron extraer soluciones en puntos muy distanciados, que solamente se utilizaron para ajustar el modelo de los sensores a estos valores referenciales de CE extraída por lisímetros.

Por esta razón el modelo utilizado para describir la conductividad eléctrica en el suelo fue ajustado como se observa en la Figura 64 y 65 para T0 y T2. En cuanto al manejo del campo se ve que los valores de CE oscilan entre 3,5 y 5  $\text{dS m}^{-1}$ , marcándose un ascenso importante en superficie de CE a partir de la detención de los riegos, el aumento de solo este sensor esta dado porque presenta menores contenidos de agua que el que se encuentra en profundidad, finalmente gran parte de las raíces se encuentran confinadas dentro de los primeros 30 cm, por ende el secado es menor y por lo tanto no se ve un efecto en un aumento del contenido de sales en profundidad. Por otro lado T2 mostro un ascenso fuerte el 20 de Feb, lo cual se explica porque el suelo se asentó en esa fecha generando un cambio en las lecturas obtenidas en por el sensor, lo cual afecto la respuesta del modelo. El comportamiento es similar al visto en T0 con la salvedad de que el rango de oscilación es mayor, variando entre 5 y 6  $\text{dS m}^{-1}$ , y tras detener los riegos el aumento de las sales es

superior en ambas profundidades, por lo tanto, la influencia de poseer menores contenidos de agua que T0 y que los montos aplicados sean menores que los aplicados en T0 hace que la susceptibilidad a un aumento de las sales al dejar de regar sea mayor.

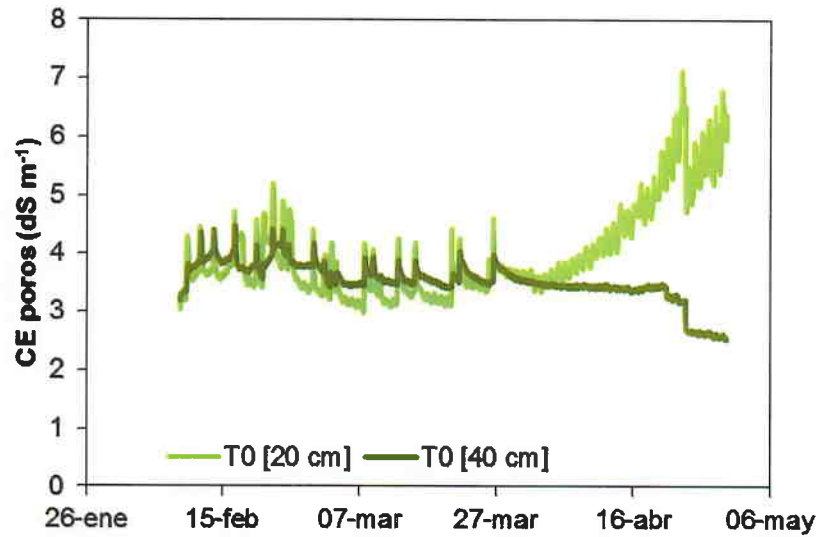


Figura 64. Variación de la CE de poros en T0 durante el periodo evaluado.

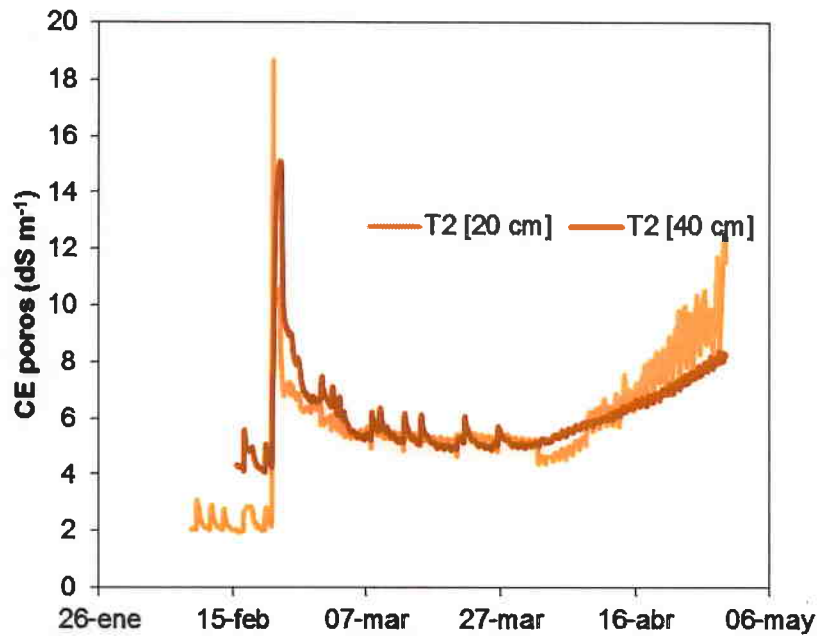


Figura 65. Variación de la CE de poros en T0 durante el periodo evaluado.

## Producción

Respecto a los valores de producción obtenidos no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de riego aplicados durante el ensayo. Sin embargo, T2 presenta los menores pesos de racimos, aunque es el tratamiento con mayor carga frutal lo cual incide negativamente en el tamaño de frutos a cosecha, pero esta baja en el peso de racimos se compensa con un mayor rendimiento por hectárea que T1. Este resultado es importante ya que indica que puede ser igual de eficiente productivamente que el tratamiento con mayores montos aplicados de riego, a costa de tener racimos más pequeños, pero pudiendo dejar más racimos en la planta.

**Cuadro 11.** Variables de producción por tratamiento de riego medidas a cosecha en el ensayo Verterra

| Tratamiento | Peso Racimo | Peso promedio bayas | Diam. Ec | Diam. Polar | Nº Racimos | Rendimiento            | ASTT            | Eficiencia prod.            |
|-------------|-------------|---------------------|----------|-------------|------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|
|             | g           | g                   | mm       | mm          |            | kg arbol <sup>-1</sup> | cm <sup>2</sup> | kg cm <sup>-2</sup> de ASTT |
| 0           | 740,6       | 8,44                | 23,97    | 26,09       | 36,3       | 26828,1                | 55,94           | 479,55                      |
| 1           | 614,4       | 9,21                | 24,44    | 26,52       | 33,3       | 20753,5                | 51,57           | 402,43                      |
| 2           | 605,9       | 8,87                | 24,18    | 26,52       | 39,0       | 23962,1                | 50,77           | 471,94                      |

## Conclusiones

- No hay un efecto de los tratamientos de riego en las variables productivas y potencial hídrico xilemático.
- Es posible disminuir hasta un 66% del riego aplicado sin tener efectos estadísticamente significativos.
- Los sensores de contenido de agua utilizados deben mantenerse en un periodo de estabilización por al menos un mes bajo condiciones de riego del campo.
- A partir de un 0,15 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> de contenido volumétrico de agua en el suelo se observan aumentos en los valores de potencial xilemático, pudiendo indicar que para la condición de suelo evaluada, pueda ser utilizado el límite máximo de un umbral de riego en el cuartel monitoreado.

- **Parcela demostrativa Fundo Unifrutti**

## **Introducción**

Dentro de los manejos tradicionales de riego enfocados al lavado de sales en el valle de Copiapó, se tiende a realizar una alternancia entre riegos "cortos y largos", con la finalidad de que el riego corto realice la reposición de la demanda respectiva, en cambio el riego largo además de cumplir el objetivo del anterior, lleve a cabo un desplazamiento de las sales en profundidad alejándolas de la zona de raíces. Por esta razón, se presenta la incógnita del comportamiento en el rendimiento, y otras variables del uso de porcentajes adicionales al riego calculado en base a la demanda atmosférica, aplicados de forma constante, de manera tal que el desplazamiento de las sales fuera de la zona de raíces sea realizado de forma permanente. Por lo tanto se planteó un ensayo de riego que permita comparar distintos manejos de riego enfocados al lavado de sales.

## **Objetivo General**

Evaluar la respuesta en el rendimiento, potencial xilemático y conductividad eléctrica de la solución suelo en base a distintos montos de riego.

## **Materiales y Métodos**

### **Características del Huerto**

Se realizó el montaje de una parcela demostrativa en el huerto Gibraltar perteneciente a Unifrutti (27°20'52.61" latitud Sur, 70°22'25.89"O) en el sector de Bodega, Copiapó. Consta de un huerto de años de edad, y está bajo riego por goteo. El diseño de riego corresponde a emisores de 4 l h<sup>-1</sup>, con una línea de goteros por hilera, distanciados a 1 m, lo que determino una precipitación equivalente del huerto de 0,76 mm h<sup>-1</sup>. Los árboles que se utilizaron se encontraban en un marco de plantación de 5,25 m x 3,5 m de granados de la variedad Wonderfull, según el comportamiento durante las temporadas de la carga, se considera la evaluación en un periodo de baja carga.

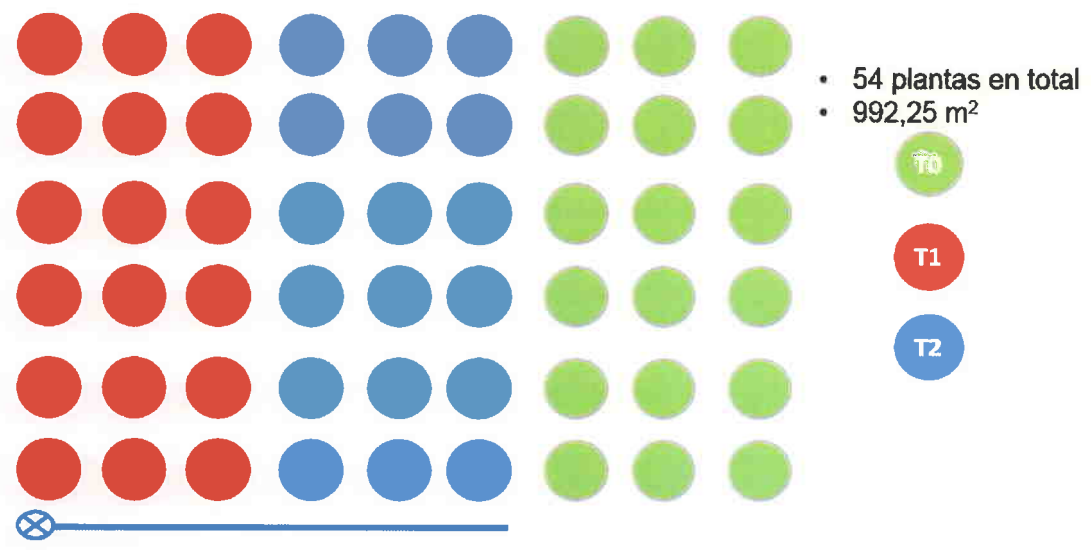
### **Tratamientos**

Se aplicaron 3 tratamientos de riego definidos por distintos marcos de riego (Cuadro 12), que permitan aplicar distintas precipitaciones de riego en un mismo tiempo de riego, para lograr esta distribución, se realizó un arranque a partir de una matriz de riego del campo, de

manera tal que a través de una válvula programable se realice el riego simultaneo a los tratamientos T1 y T2 e independientes de T0 (Figura 66 y 67).

**Cuadro 12.** Descripción de los tratamientos de riego en la parcela de Unifrutti.

| Tratamiento | Caudal Emisor<br>$l\ h^{-1}$ | Dist. entre goteros<br>m | Nº Líneas | Precipitación Teórica<br>$mm\ h^{-1}$ |
|-------------|------------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------------------|
| T0          | 4                            | 1                        | 1         | 0,762                                 |
| T1          | 4                            | 1                        | 2         | 1,524                                 |
| T2          | 2,2                          | 0,5                      | 2         | 1,676                                 |



**Figura 66.** Esquema de la distribución espacial de los tratamientos y número de plantas utilizadas en el ensayo.





**Figura 67.** Arranque de riego y válvulas programables en el huerto de Unifrutti.

## **Riegos**

Los riegos fueron aplicados diariamente, calculados en base a los datos obtenidos de la evapotranspiración de referencia de la estación Bodega, junto con la medición de potencial xilemático y conductividad eléctrica de la solución suelo, determinaron la decisión de tiempos de riego, en base al tratamiento de menor precipitación (T1).

## **Características del sitio y distribución de los tratamientos**

La zona donde se realizó el ensayo correspondió a una superficie total de 992,25 m<sup>2</sup>, con 3 hileras por tratamiento, con 6 plantas por hilera, utilizándose 54 plantas en total. El periodo de estudio es desde el 18-Feb-2013, hasta el 24-Abr-2013.

## **Potencial xilemático**

Se seleccionaron 2 brotes expuestos al sol en una posición media por tratamiento, se encerraron en bolsas plásticas con papel aluminio por al menos una hora, antes de realizar la medición (mediodía). Luego los brotes se cortaron y el potencial hídrico fue determinado por medio de una cámara de presión Schölander de tipo bombín (PMS Instrument Company) Las mediciones se realizaron cada semana.

## **Área sección transversal de tronco (ASTT)**

Utilizando un pie de metro se procedió a medir el diámetro de tronco mayor y menor en cm, para luego con promedio de los diámetros se calcule el ASTT ( $\text{cm}^2$ ). La medición se realizó a 40 cm sobre el suelo.

### **Producción total, eficiencia productiva, peso promedio de frutos**

Al momento de la cosecha se pesaron los frutos de los arboles tratados, de forma individual, la suma de los pesos de los frutos por el correspondiente árbol, equivale al peso total por árbol, por otro lado, con el promedio de estos pesos, se obtuvo el peso promedio de frutos. Estos valores se relacionaron con el ASTT y se determinó la eficiencia productiva expresada como  $\text{kg de fruta} \cdot \text{cm}^{-2}$  de ASTT. Dentro del desarrollo del ensayo ocurrió que parte de los frutos y plantas marcadas dentro del T0 fueron cosechadas sin contabilizarse, por lo tanto se procedió a utilizar los valores totales de rendimiento entregados por el cuartel donde se encontraba instalado el ensayo, utilizándose como el valor de producción total para T0.

### **Variación del contenido de agua del suelo**

El contenido volumétrico de agua en el suelo (VWC), se monitoreo a 20 cm y a 40 cm de profundidad en forma continua con intervalos de 30 min, con una sonda GS3 (Decagon Devices). Los datos fueron almacenados en 1 Datalogger Em50 (Decagon Devices). Se instalaron en 2 tratamientos T0 y T1, aproximadamente a 20 cm del eje, cercanas a un gotero.

### **Lisímetros de succión y conductividad eléctrica de la solución suelo (CE).**

Se instalaron 2 lisímetros de succión (Irrometer) por tratamiento, a 20 y 40 cm de profundidad, con un ángulo de  $45^\circ$  aproximadamente bajo la línea de goteo adyacentes a los sensores GS3, donde con una frecuencia de una semana se realizaba succión con un bombín (3 horas antes de la extracción). Posteriormente la solución extraída se media en un conductímetro de laboratorio (HI 4321, Hanna Instruments). Asimismo de forma paralela, los sensores GS3 realizaban el registro de la conductividad eléctrica de la masa de suelo, la cual en base a otros parámetros medidos por el sensor se estimó la conductividad eléctrica de la solución suelo en base al modelo de Hilhorst (2000).

## **Resultados y Discusión**

### **Agua aplicada**

En la Figura 68 se muestran los valores obtenidos de montos de agua aplicados entre el 18-Feb y el 30-Abr, donde se observa que el tratamiento T0 es el con mayores montos de agua

aplicados, seguido por T2 y T1. Porcentualmente T2 ahorró un 12,8% y T1 un 20,7% respecto a T0.

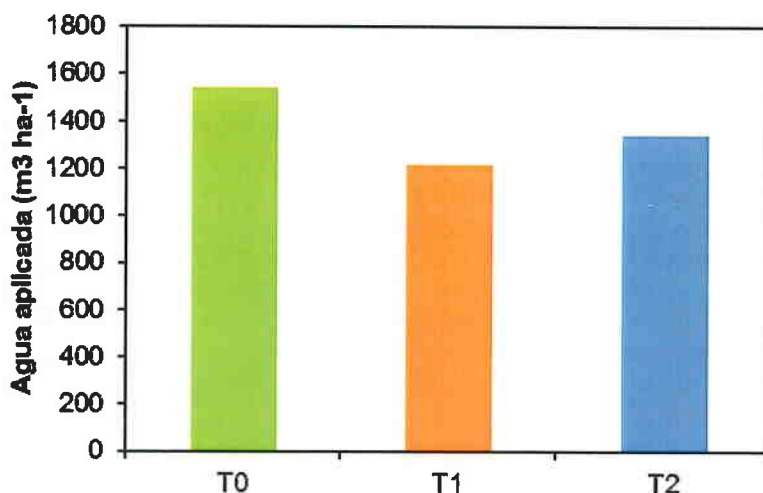
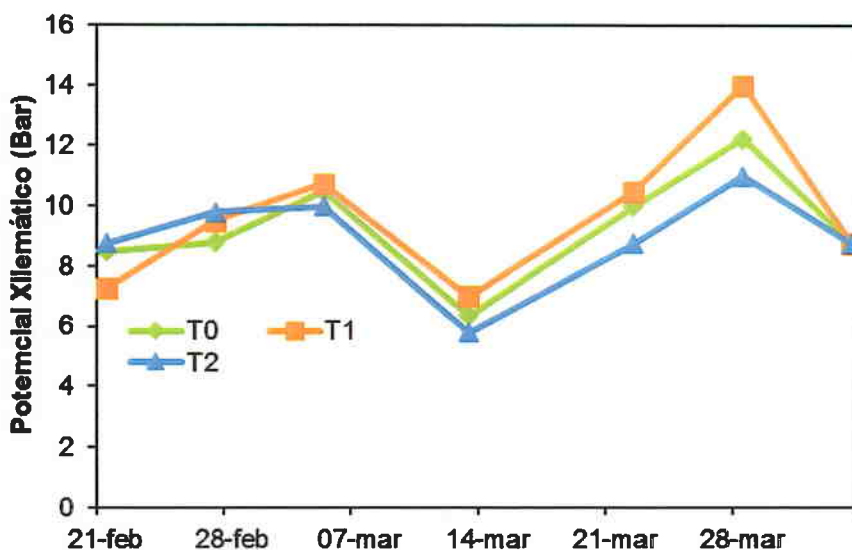


Figura 68. Montos totales de agua aplicados en los 3 tratamientos de riego durante el ensayo.

### Potencial xilemático

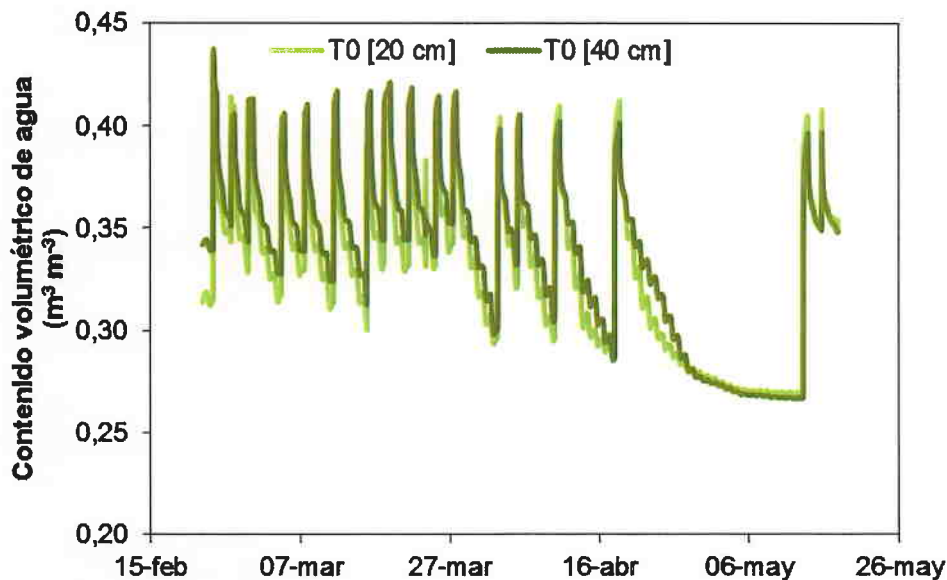
En cuanto al estado hídrico de la planta se observa, que hubo un comportamiento similar de la variación del potencial xilemático durante el ensayo de todos los tratamientos (Figura 69). Además, se puede ver que T1 es el tratamiento que presenta mayores valores de potencial en las fechas muestreadas, respecto a los otros tratamientos, obteniendo el valor máximo registrado de 14 Bar (-1,4 MPa) y por el contrario T2 es el tratamiento que presentó menores niveles de estrés en mayor parte de la temporada. Estos resultados muestran que las plantas bajo el tratamiento 2 reaccionaron al riego mejor que los otros tratamientos, a pesar de recibir menores montos que T0.



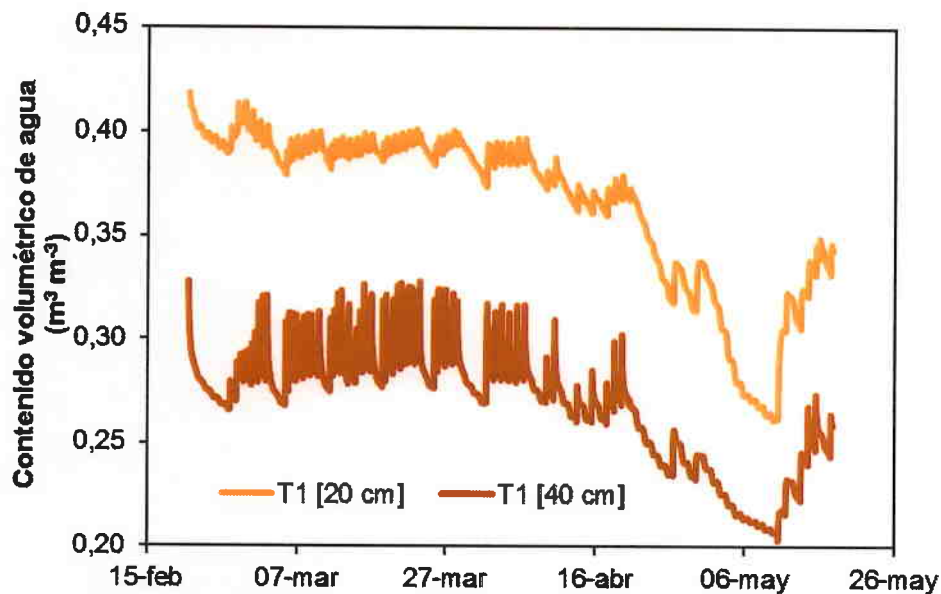
**Figura 69.** Potencial xilemático de los 3 tratamientos de riego durante el ensayo.

### Contenido de agua en el suelo

Es importante agregar que dentro de la dinámica de riego del campo, se detuvo a partir del 18 de Abril, impidiendo que a partir de esa fecha se haya podido regar T1 y T2 con autonomía de T0. Dentro de lo observado en el periodo monitoreado en T0 (Figura 70), se ve que hay una amplia variación en los eventos de riego manteniéndose en valores relativamente constantes durante la temporada. No obstante, se ve que a finales de marzo y principios de abril, hubo un cambio en la frecuencia que marca un descenso evidente del contenido de agua en esas fechas, mostrando que a pesar de estar en periodo de finalización de cosecha e inicio del receso se observaron consumos de agua hasta finales de abril 26-27 de abril. Por otro lado, el tratamiento monitoreado (T1, Figura 71), mostró que con la utilización de un coeficiente de cultivo (kc) de 0,5, para la estimación de los requerimientos hídricos del granado, asumiendo que la eficiencia de riego es de un 90%, se mantienen en valores relativamente constantes hasta finales de marzo, y posteriormente el consumo aumenta evidenciándose en la caída de los valores de los sensores al final del ensayo, finalmente esta tasa de disminución no tiende bajar hasta un punto como en T0, lo cual podría indicar que la planta aun en esas fechas se encuentra consumiendo agua.



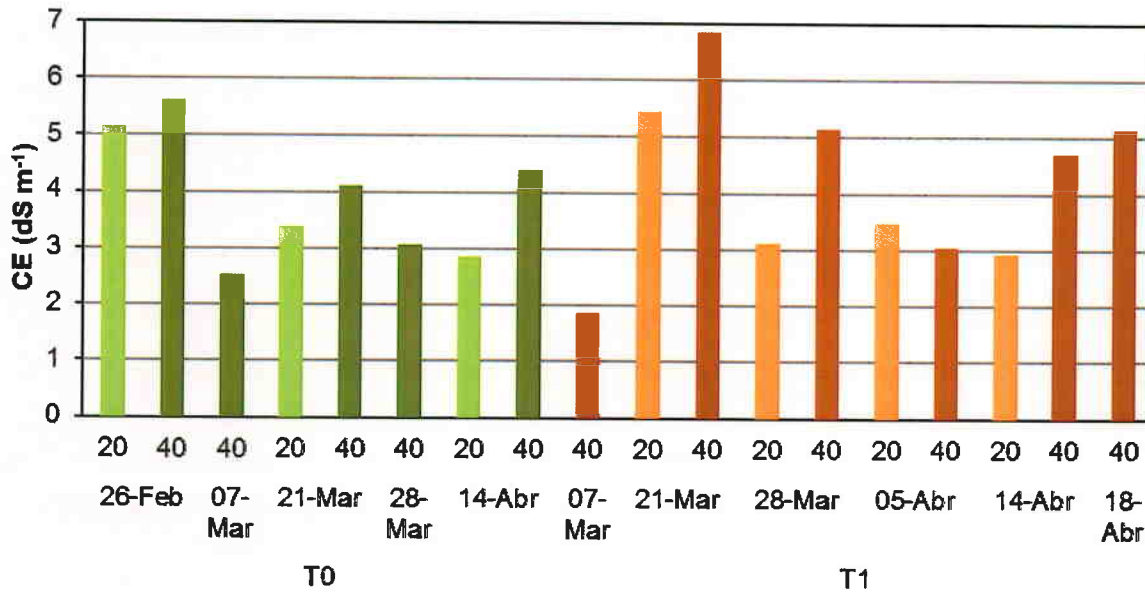
**Figura 70.** Contenido de agua en el suelo durante el ensayo en T0



**Figura 71.** Contenido de agua en el suelo durante el ensayo en T1

## Lisímetros

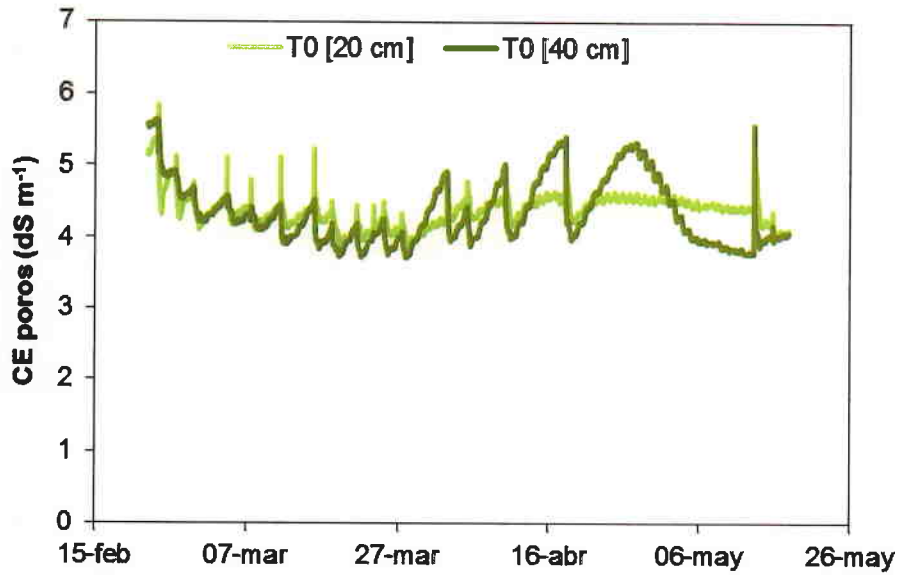
De los resultados obtenidos (Figura 72), es importante señalar que el uso de lisímetros de succión, son bastante acertados en los valores extraídos, aunque del punto de vista práctico, son muy dependientes del contenido de agua que se encuentre en el suelo para su extracción, ya que cuando el contenido de agua disminuye mucho, se hace más difícil obtener un volumen de solución que permita medir sin problemas en laboratorio, por esta razón gran parte de las mediciones realizadas corresponden a valores obtenidos después del riego, dado que no se pudo extraer solución del suelo suficiente para observar los comportamientos de la CE antes de un riego. En la Figura x se observa la dinámica de la conductividad eléctrica de la solución suelo, se ve que la CE medida en las fechas similares en T0 y T1, solo el 07-Mar T1 presenta CE menores que T0, lo cual tiene directa relación con los montos aplicados de agua desplazando sales en profundidad.



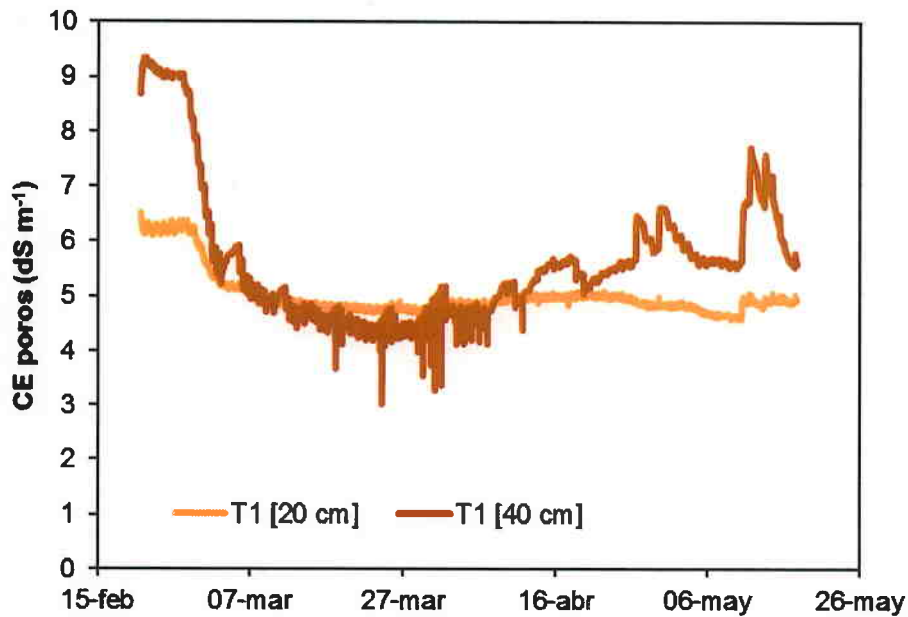
**Figura 72.** Conductividad eléctrica de la solución suelo a 20 y 40 cm durante el periodo de mediciones en T0 y T2.

En el caso del uso de sensores GS3 para la estimación de la conductividad eléctrica de poros, se observa en la Figura 73. que para T0 las magnitudes van asociadas principalmente a los eventos de riego, encontrándose en valores entre los 4 y 5 dS m<sup>-1</sup> durante la mayoría del tiempo monitoreado. En el caso de T1, (Figura 74) los valores iniciales altos observados, son parte de los primeros días de asentamiento del sensor, posteriormente se muestra que las CE estimadas se mantienen constantes a medida que el riego permanece con frecuencia diaria, a partir de inicios de abril se ve un aumento de la CE en profundidad, esto se justifica en la variación del programa de riego de T0, en fechas de no funcionamiento de la bomba, se debió adaptar la frecuencia diaria, a fechas donde la bomba se encuentre funcionando, lo cual se tradujo en el aumento antes descrito.





**Figura 73.** Conductividad eléctrica de poros estimada durante el ensayo en T0 según el modelo de Hilhorst (2000).



**Figura 74.** Conductividad eléctrica de poros estimada durante el ensayo en T1 según el modelo de Hilhorst (2000).

## Producción

En cuanto a las variables productivas (Cuadro 13), se observó que el rendimiento entre T0 y T2 es similar, mientras que el de T1 es menor, al igual que la eficiencia productiva. Por otro

lado T2 es el tratamiento con mayor carga frutal, medida como frutos por árbol o como frutos por ASTT, obteniendo el mayor peso promedio de frutos que los otros tratamientos. En cuanto a T1 fue el tratamiento con menor rendimiento promedio, se debe tomar en consideración, que era el tratamiento con menor carga frutal y eso se vio reflejado en que a pesar del bajo rendimiento obtuvo un mayor peso promedio de frutos respecto a T0.

**Cuadro 13.** Variables productivas promedio de los 3 tratamientos de riego a cosecha.

| Tratamiento | Rendimiento            | ASTT            | Eficiencia Productiva      | Carga frutal                 |                           | Peso promedio fruto |
|-------------|------------------------|-----------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------|
|             | kg árbol <sup>-1</sup> | cm <sup>2</sup> | g cm <sup>-2</sup> de ASTT | Nºfrutos árbol <sup>-1</sup> | Nºfrutos cm <sup>-2</sup> | g                   |
| T0          | 20,15                  | 73,39           | 274,62                     | 66,28                        | 0,90                      | 356,36              |
| T1          | 15,17                  | 80,85           | 190,92                     | 55,33                        | 0,70                      | 392,85              |
| T2          | 20,39                  | 76,75           | 274,23                     | 81,00                        | 1,09                      | 407,88              |

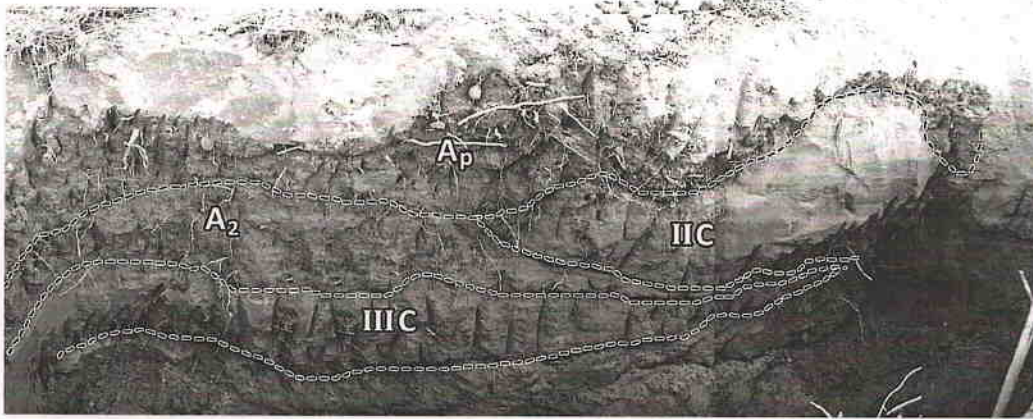
### Conclusiones

- De estos resultados es posible afirmar, que es posible reducir el riego a un 13% sin problemas manteniendo el rendimiento, y presentando menores niveles de estrés medidos como potencial hídrico xilemático durante la temporada.
- La variación del potencial hídrico durante la temporada muestra que es una buena herramienta indicadora del estrés hídrico, ya que responde a los distintos montos de riego aplicados durante la temporada.
- El uso de lisímetros se valida como una herramienta de eficacia de lavado de sales después del riego, pero se dificulta su uso como variable de estrés salino antes de un riego.

### III. Difusión y transferencia de conocimientos y tecnologías para la evaluación y mantenimiento de sistemas de Bombeos y pozos.

Este tópico de las actividades definidas dentro del proyecto, corresponde a los seguimientos a los agricultores que asistieron a los talleres y solicitaron visitas a sus predios. En las visitas se llevaron a cabo distintas acciones, según las inquietudes puntuales de cada agricultor haciendo asesorías en campo que abarcaron en diversas problemáticas.

Se realizaron distintos estudios de suelos con finalidad de descripción y diferenciación de suelos. Además se complementaron la observación de calicatas con los eventos y magnitudes de riego, para poder observar detalladamente el movimiento y comportamiento del agua en los suelos de mayor interés de cada predio. (Figura 75)



**Figura 75.** Calicata descrita y observada en el huerto de Unifrutti.

Junto con la observación de los suelos, se utilizaron sensores de contenido de agua y conductividad eléctrica, los cuales permitieron hacer un monitoreo de la condición de riego, profundidad de mojamiento (Figura 76). Estas observaciones en el tiempo repercutieron en recomendaciones de cambio de frecuencias y tiempos de riego lo que finalmente influyó en un menor uso y aplicación de agua para riego.



**Figura 76.** Instalación de tubos de acceso de Diviner 2000 (izq). Monitoreo de contenido de agua en calicata con sensores GS3 (der).

Paralelamente a los monitoreos de suelo y contenido de agua, se realizaron mediciones fisiológicas de las plantas a través del potencial hídrico xilemático a mediodía con cámaras de presión de tipo Scholander, las cuales permitieron evaluar in situ si existía algún efecto negativo de estrés manifestado en las plantas por los cambios en las frecuencias y disminución de los tiempos de riego de cada predio (Figura 77).



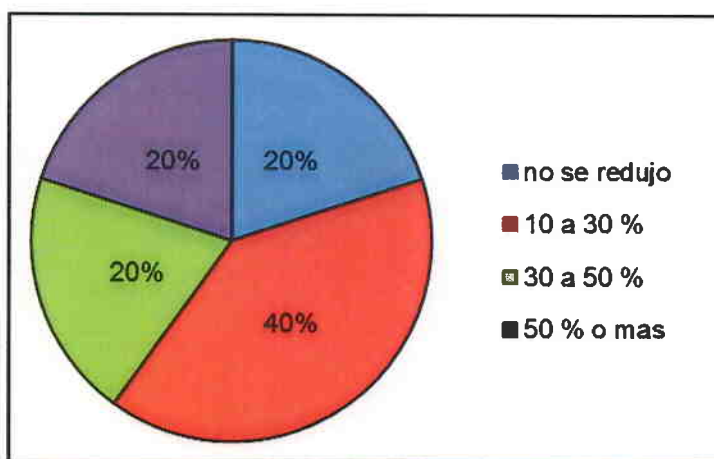


**Figura 77.** Procedimiento de medición de potencial hídrico xilemático en tomate.

Por otro lado, gran parte de los agricultores de los seguimientos no poseía registro diario o semanal de su riego, de manera que se planteó realizar una encuesta a los beneficiarios, con la finalidad de evaluar el efecto de los manejos y recomendaciones hechas durante la temporada, junto con consultar sobre otras problemáticas de interés de ellos en iniciativas complementarias al manejo del riego.

### **Reducción de consumo de agua de agua en participantes**

A los participantes se les consultó sobre el efecto de las recomendaciones y actividades realizadas por el proyecto Sales Copiapó a final de la temporada de riego, es importante recordar dentro de este análisis, no se consideran los porcentajes de reducción mostrados anteriormente en cada parcela demostrativa, ya que en esos casos si existía una cuantificación de las horas de riego utilizadas y conocimiento de la precipitación de los equipos, por lo tanto es posible obtener los montos aplicados y compararlos con la condición sin intervención. Los resultados de la encuesta (Figura 78) muestran que un 80% de los agricultores si encontraron un efecto positivo y evidente de reducción de sus montos de agua aplicados en el riego. Con la finalidad de cuantificar de forma referencial la situación de ahorro hídrico, se realizó un ejemplo con las diferentes respuestas entregadas por agricultores bajo seguimiento del proyecto Sales Copiapó (Cuadro 14)



**Figura 78.** Porcentaje de reducción del riego respecto a su condición antes del proyecto Sales Copiapó

**Cuadro 14.** Reducción referencial en  $m^3ha^{-1}$  según reducción porcentual de riego del proyecto Sales Copiapó.

| Agricultores           | Reducción (%) | Consumo de agua referencial (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Reducción (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|---------------|--|--|
| Parcela el Molino      | 50 % o mas    | 7000   | 3500   |
| Adriana Carvajal       | 40%           | 8000   | 3200   |
| Juan Díaz<br>Campillay | 20%           | 8000   | 1600   |

## CONCLUSIONES DEL PROYECTO SALES COPIAPÓ

Dentro de los impactos más importantes del proyecto se muestra en la alta participación en los talleres, junto con la amplia diversidad de participantes, abarcando empresas agrícolas, asesores públicos y privados y sobre todo pequeños agricultores.

Las tesis realizadas demostraron que el uso de instrumentos de monitoreo de riego muestran valores variables, siendo necesario para su adecuado uso una calibración, pudiéndose afirmar que los sensores con un comportamiento más estable a las distintas realidades del valle de Copiapó son las sondas GS3 (Decagon Devices). Por otra parte, es de suma importancia que la interpretación de los valores de los sensores sea cuidadosa, dado que es importante observar la variación de las lecturas para identificar externalidades que puedan influir en los resultados mostrados, es decir que el uso de sensores en decisiones de riego, tienen que ir acompañado con una adecuada mantención de estos, y se recomienda que las sondas tengan a lo menos un mes de estabilización después de la instalación. En cuanto a las parcelas demostrativas mostraron que es posible reducir los montos de riego aplicados, sin afectar los rendimientos de los cultivos, donde la menor disminución de los montos de riego fue en Unifrutti con un 12,8% y la mayor disminución fue en el fundo La Castellana con 50% de reducción respecto al manejo de campo, validando que la integración entre los instrumentos utilizados, las variables climáticas monitoreadas por las estaciones meteorológicas en línea y decisiones de diseño de riego (precipitación de líneas de goteo) entregan resultados óptimos en la producción, maximizando el uso del recurso hídrico y energético.

Los seguimientos a los agricultores demostraron que las asesorías, visitas en terreno y las charlas realizadas, fueron según los participantes las actividades de mayor relevancia, siendo la más valorada por ellos las visitas en terreno con asesorías in situ y en forma inmediata, ya que les permitió tomar decisiones de manejo más acabadas y con mejores resultados que lo realizado anteriormente a la intervención del proyecto.