INDICE DE CONTENIDOS

1.	RES	SUMEN	6
2.	EST	TADO DEL ARTE	8
3.	OB.	JETIVOS	. 11
4.	DES	SCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INICIATIVA/METODOLOGIA	. 12
5.	INN	NOVACIÓN QUE PRESENTA LA INICIATIVA	. 18
6.	BEN	NEFICIARIOS	. 19
7.	VIN	ICULACIÓN DE LA INICIATIVA CON AMBITOS DE RELEVANCIA REGIONAL	. 20
8.	AC	TIVIDADES REALIZADAS	. 21
	8.1.	Desarrollo de actividad de Lanzamiento	. 22
	8.2.	Realización de estudio de suelo de la zona afectada	. 24
	8.3.	Implementación de estaciones demostrativas	. 24
	8.4. demo	Caracterización de los manejos productivos tradicionales de riego realizados en las unidades estrativas	. 27
	8.5. balan	Desarrollo e implementación de nuevo manejo agronómico de la programación del riego en base a ce hídrico en las unidades demostrativas	
	8.6.	Desarrollo de días de campo	. 50
	8.7.	Desarrollo de aplicación WEB	. 54
	8.8.	Realización de seminario de cierre	. 60
9.	RES	SULTADOS / INDICADORES OBTENIDOS	. 62
10) г	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales causas de la ausencia de rentabilidad en la superficie encuestada	9
Cuadro 2. Estadística descriptiva referente a la productividad en los huertos no rentables	10
Cuadro 3. Detalle de superficie de suelo descrita y empresas donde se trabajó	13
Cuadro 4. Estaciones demostrativas	13
Cuadro 5. Tratamientos	14
Cuadro 6. Vinculación con ámbitos de relevancia regional	20
Cuadro 7. Carta Gantt ejecutada	21
Cuadro 8. Estaciones demostrativas	24
Cuadro 9. Tratamientos de riego	25
Cuadro 10. Fechas de ocurrencia de los estados fenológicos en cada unidad demostrativa y tratamiento de riego.	27
Cuadro 11. Análisis estadístico para el calibre, color y diámetros de baya de la fruta cosechada de los tres ensayos.	36
Cuadro 12. Análisis estadístico para el peso de baya, peso promedio de racimos y el peso total de fruta cosechada de los tres ensayos.	37
Cuadro 13. Evapotranspiración de cultivo para los meses de mayor demanda	41
Cuadro 14. Tolerancia de portainjertos al contenido de agua en el suelo	42
Cuadro 15. Umbrales de riego para el uso del potencial xilemático como herramienta en el control de riego la variedad Red Globe	
Cuadro 16. Descripción del perfil característico de la fase SAT – 2	45
Cuadro 17. Requerimientos químicos y de fertilidad del suelo para uva de mesa	47
Cuadro 18. Parámetros químicos y físicos del suelo.	48
Cuadro 19. Parámetros de fertilidad del suelo	48
Cuadro 20. Indicadores de ejecución	63
Cuadro 21. Indicadores de eficiencia	64
Cuadro 22. Indicadores de eficacia	65

Cuadro 23. Demanda hídrica del cultivo (ETc) anual para las tres combinaciones del estudio	67
Cuadro 24. ETO, Kc y ETc en los meses de mayor demanda hídrica	68
Cuadro 25. Tratamientois de riego para las tres unidades de estudio.	69
Cuadro 26. Diámetro para los 3 tratamientos en los 3 sitios de estudio.	69
Cuadro 27. Rendimiento para los 3 tratamientos en los 3 sitios de estudio.	70
Cuadro 28. Eficiencia del uso del agua (EUA) en los 3 tratamientos en los 3 sitios de estudio	70
INDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Esquema de una planta de vid injertada	8
Figura 2. Diseño experimental de cada unidad demostrativa	25
Figura 3. Evaluaciones	26
Figura 4. Volumen de riego aplicado por tratamiento Amolanas	28
Figura 5. Volumen de riego aplicado por tratamiento San Antonio	28
Figura 6. Volumen de riego aplicado por tratamiento Hornitos	29
Figura 7. Cobertura vegetal unidad Amolanas	30
Figura 8. Cobertura vegetal unidad San Antonio	31
Figura 9. Cobertura vegetal unidad Hornitos	31
Figura 10. Potencial hídrico xilemático unidad Hornitos	33
Figura 11. Velocidad de flujo de savia en la unidad demostrativa Hornitos.	34
Figura 12. Contenido de agua en el suelo durante el mes de enero en los primeros 30 cm de profundidad par los tres tratamientos de la unidad demostrativa de Hornitos.	
Figura 13. Productividad del agua en cada unidad demostrativa	37
Figura 14. Velocidad de flujo de savia del cultivo en Red Globe/Freedom para los tres regímenes de riego	42

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Evaluación cobertura vegetal con un ceptómetro lineal	15
Imagen 2. Esquema de los componentes del sistema	16
Imagen 3. Fotografías lanzamiento	23
Imagen 4. Ubicación estudios agrológicos	24
Imagen 5. Evaluación en cosecha	26
Imagen 6. Estación meteorológica	29
Imagen 7. Imágenes del crecimiento de raíces obtenida por el escáner de raíces primeros 40 cm de profundidad, en la unidad demostrativa Hornitos, en los estados fenológicos de floración, pinta y cuaja	32
Imagen 8. Ubicación unidad demostrativa	39
Imagen 9. Medición con ceptometro lineal del área sombreada del cultivo	40
Imagen 10. Estado fenológico receso invernal	40
Imagen 11. Estado fenológico de cosecha	41
Imagen 12. Selección hoja a evaluar	44
Imagen 13. Temperatura y humedad relativa obtenida de la plataforma hídricahídrica	44
Imagen 14. Perfil de la fase SAT – 2	46
Imagen 15. Escurrimiento de agua provocada por el riego	49
Imagen 16. Actividad en terreno, día de campo 1	51
Imagen 17. Actividad en sala, día de campo 1	51
Imagen 18. Actividad en terreno, días de campo 2 y 3	52
Imagen 19. Actividad en sala. Días de campo 2 y 3	52
Imagen 20. Actividad en terreno, días de campo 4 y 5	53
Imagen 21. Actividad en sala. Días de campo 4 y 5	53
Imagen 22. Actividad de difusión en Alto del Carmen	54
Imagen 23. Esquema de los componentes del sistema	55
Imagen 24. Interfaz web sobre un navegador Chrome instalado en SO Linux Ubuntu	57

Imagen 25. Fotografías actividad de cierre	61
Imagen 26. Ubicación unidades de estudios	66
Imagen 27. Estación meteorológicos tipo utilizada	67

1. RESUMEN

La producción y exportación de uva de mesa en la Región de Atacama ubica a Chile como uno de los países líderes en el rubro. El clima de la Región permite la producción de fruta temprana y con mejores precios. No obstante las ventajas climáticas, el sector productor agrícola se enfrenta a desafíos conocidos desde hace algunos años: la baja disponibilidad de mano de obra y su costo, la irrupción del mercado peruano con cosechas más tempranas, el costo energético asociado a la producción y la baja disponibilidad hídrica.

La edad de los cultivos, así como el contexto descrito en el párrafo anterior, hacen del replante una oportunidad para innovar estableciendo nuevas variedades sobre patrones (portainjertos) que han sido desarrollados con características y fortalezas acordes a los nuevos escenarios productivos y comerciales.

La presente iniciativa nació a solicitud de los productores de uva de mesa del Valle de Copiapó y su inquietud relacionada a la baja o nula rentabilidad obtenida hace algunas temporadas por problemas con la adaptación y producción de algunas combinaciones variedad-portainjerto, en zonas con T° y características edáficas particulares.

Se consideró relevante la generación de información cualitativa y cuantitativa sobre el comportamiento hídrico y productivo de las actuales combinaciones variedad portainjerto que permitiera entregar, a los productores, herramientas para mejorar su situación.

El presente proyecto buscó desarrollar un programa que combinara la investigación aplicada en el territorio y la transferencia tecnológica, a través de la vinculación ciencia-empresa y la vinculación empresa-empresa, en torno al comportamiento variedad-portainjerto con foco en el ahorro de agua de riego en distintas zonas del Valle de Copiapó.

Los objetivos específicos fueron:

- Desarrollar una herramienta, a escala piloto, que permita el cruce de información edafo-climática con los requerimientos para los que están desarrollados los distintos patrones
- Definir una pauta de manejo hídrico óptimo para las combinaciones variedad-portainjerto estudiadas en tres sitios diferentes del Valle de Copiapó
- Promover la vinculación entre empresas para difundir experiencias de replante con variedades injertadas

Las principales actividades realizadas fueron:

- Realización de un estudio de suelo
- Establecimiento de unidades demostrativas de combinaciones variedad-portainjerto en huertos existentes en el Valle de Copiapó
- Caracterización de los manejos productivos tradicionales realizados en las unidades demostrativas
- Desarrollo e implementación de un nuevo manejo agronómico de la programación del riego en base a balance hídrico en las unidades demostrativas
- Desarrollo de una aplicación web que permita el cruce de información edafo-climática con los requerimientos para los que están desarrollados los distintos patrones

• Transferencia de los resultados obtenidos en los distintos estados fenológicos de las plantas y a lo largo de todo el proyecto

Los principales resultados obtenidos fueron:

- Desarrollo de pautas de manejo hídrico óptimo para las combinaciones variedad-portainjerto estudiadas en tres sitios diferentes del Valle de Copiapó.
- Fortalecimiento de la vinculación ciencia/empresa y empresa/empresa a través de la difusión y transferencia de experiencias de replante con variedades de uva de mesa injertadas
- Desarrollo de un prototipo de herramienta web que permite obtener información sobre la compatibilidad de distintos portainjertos de uva de mesa con las características de los suelos de los sitios estudiados en el Valle de Copiapó.

2. ESTADO DEL ARTE

La producción y exportación de uva de mesa en la Región de Atacama ubica a Chile como uno de los países líderes en el rubro. El clima de la Región permite la producción de fruta temprana y con mejores precios. No obstante las ventajas climáticas, el sector productor agrícola se enfrenta a desafíos conocidos desde hace algunos años: la baja disponibilidad de mano de obra y su costo, la irrupción del mercado peruano con cosechas más tempranas, el costo energético asociado a la producción y la baja disponibilidad hídrica.

Una de las herramientas que disponen los agricultores para enfrentar el mercado es cultivar nuevas variedades de uva de mesa y/o hacer más productivas la variedades actualmente utilizadas. La combinación variedad portainjerto es una técnica agronómica que permite aprovechar las fortalezas de la variedad y del portainjerto en post de un mejor desempeño productivo.

A continuación se muestra un esquema de una planta de vid injertada.

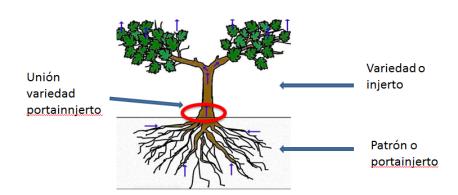


Figura 1. Esquema de una planta de vid injertada

La presente iniciativa nace a solicitud de los productores de uva de mesa del Valle de Copiapó y su inquietud relacionada a la baja o nula rentabilidad obtenida hace algunas temporadas por problemas con la adaptación y producción de algunas combinaciones variedad-portainjerto, en zonas con T° y características edáficas particulares. Si bien existen malas experiencias que han resultado en el arranque de predios con la consecuente pérdida de capital invertido, también existen experiencias exitosas que bien vale la pena evaluar y difundir.

Como un paso previo a la formulación de este proyecto, durante el año 2014, se desarrolló una iniciativa de vinculación Ciencia – Empresa, Universidad de Chile –CONICYT, financiado por el Gobierno Regional de Atacama denominada "Vinculación Ciencia Empresa para el mejoramiento de la competitividad de Uva de Mesa en el Valle de Copiapó a través del trabajo conjunto en torno a la problemática de selección de combinaciones variedad-portainjerto", en el marco del cual se realizó una encuesta a los productores de uva de mesa del valle de Copiapó con el fin de conocer y realizar un diagnóstico sobre los principales problemas de productividad.

Para esto se encuestó a 29 empresas productoras, las cuales representaban un total de 5.335 ha de uva de mesa plantadas. El último catastro frutícola del valle de Copiapó a esa fecha reflejaba la existencia de 7.105 ha de superficie plantada con uva de mesa, por lo que las empresas encuestadas abarcaron un 75% del total de superficie plantada.

A continuación se presentan los principales resultados de la encuesta:

De las 5.335 hectáreas de estas empresas que se consideraron para la encuesta 1.991 ha son injertadas, lo que representa un 28% de la superficie total plantada en el valle de Copiapó.

La variedad injertada con más superficie observada correspondió a la variedad Red Globe, la cual representó un 43% de la superficie muestreada, seguida por la variedad Thompson Seedless, con un 23% y la variedad Flame Seedless, con un 13% de superficie, representando entre las tres un 79% de la superficie total encuestada.

Los patrones con más presencia en esta encuesta correspondieron a Harmony, el cual representó un 58% de la superficie encuestada, seguido de Ramsey y Freedom, con un 24 y 14% respectivamente.

La combinación variedad-patrón más utilizada correspondió a Harmony-RedGlobe con 553 ha, seguida de Harmony-ThompsonSeedles, con 291 ha. y finalmente Harmony-FlameSeedless con 167 ha. los que representaron en su conjunto un 51,5% del total encuestado.

Del total de empresas encuestadas que declararon tener plantas injertadas, 12 declararon no presentar rentabilidad sobre la fruta producida. La superficie de estas empresas correspondía a 280,8 ha., las cuales representaban el 14,1% de la superficie encuestada. Del total de la superficie no rentable, las variedad Red Globe, con 146,2 ha (52%) fue la variedad no rentable con mayor superficie, seguida por Flame, con 80.2 ha (28,6%) y Thompson con 46,7 ha (16,6%). Se debe destacar que la superficie con mayor superficie dentro de la encuesta correspondió a Red Globe (43%) Thompson Seedless (23%) y Flame Seedless (13%), lo que debe considerarse ya que cambia el orden en la segunda y la tercera variedad, en función de la rentabilidad y de su superficie plantada.

El Cuadro 1 muestra las principales causas detectadas durante la encuesta en los predios que declararon tener falta de rentabilidad. Las causas que más destacan son el bajo calibre, con un 43,8% seguido de racimos pequeños y baja producción de los parronales, con un 22,3 y 10,3% respectivamente.

Cuadro 1. Principales causas de la ausencia de rentabilidad en la superficie encuestada.

Causas baja rentabilidad	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Bajo calibre	123,1	43,8
Racimos pequeños	62,7	22,3
Baja producción	29,0	10,3
Atraso crecimiento	27,4	9,8
Bajo crecimiento follaje	19,5	6,9
Baja calidad en fruta	17,0	6,0
Baja carga/fruta ámbar	2,2	0,8
Total	280,8	100

De las 280,8 hectáreas declaradas sin rentabilidad, 81,6 ha. - que corresponden a un 28,9% - no siguieron realizando manejos sobre sus parronales, decidiendo dejar las plantas sin riego, arrancando, vendiendo o destinando la fruta a mercado interno.

El Cuadro 2 resume la información de productividad referente a los predios que declaran no tener rentabilidad al momento de realizarse la encuesta. Destaca la alta variabilidad observada en los kilogramos de fruta por hectárea no exportable el primer año y en los kilogramos de fruta por hectárea no exportados en el periodo en que los campos se encontraron en máxima producción. Del total de la fruta no exportada, un 56,3% fue destinada a jugo y un 43,7% destinada a pasas.

Cuadro 2. Estadística descriptiva referente a la productividad en los huertos no rentables

Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Cajas exportadas/ha en máxima producción	1766,3	1076,3	60,9	0	3604
Kg /ha NO exportados primer año.	1346,3	2082,4	154,7	0	7200
Kg /ha NO exportados en máxima producción	3705,2	4535,5	122,4	200	15502
Cajas exportadas/ha al primer año.	679,9	614,2	90,3	0	2012

D.E: desviación estándar; CV: Coeficiente de variación; Min: valor mínimo; Max: Valor máximo observado

A modo de resumen, es necesario destacar que la identificación de bajo calibre como la razón principal de la baja rentabilidad de los racimos en este valle puede hacer repensar las estrategias de manejos en momentos críticos del cultivo, así como también enfrentar la baja de calibre de la fruta, siendo ambos problemas expresados por un 66% de la superficie de parronales que no presento rentabilidad.

Se visualizó, además, una zona crítica del Valle en cuanto al manejo de vides injertadas, la cual corresponde a la superficie plana que va desde el sector de Jotabeche hasta el embalse Lautaro. De esta alrededor de un 40% no existe registro detallado de las caracterización de suelo, lo cual junto con los parámetros agroclimáticos, hoy disponibles gracias al proyecto "Desarrollo e innovación de una red agrometeorológica para el Valle de Copiapó", financiado a través de FIA por el FIC Regional, es la base para la determinación de qué portainjertos son aptos para cada condición.

Respecto a los lugares que presentan mayores dificultades, los productores las describían como zonas frías y de suelos con alta retención de humedad. La ejecución de este proyecto incluyendo la implementación de unidades experimentales con sensores de flujo de savia, medidores de t° y humedad de suelo, seguimiento del estado hídrico de la planta, de estados fenológicos y fotosíntesis, a la par de una modificación en el manejo hídrico permitirá evidenciar el funcionamiento de distintos patrones hoy existentes en la zona y así determinar si la situación es reversible o si debieran considerarse otras fórmulas para los replantes futuros.

3. **OBJETIVOS**

Objetivo general: Desarrollar un programa que combine la investigación aplicada en el territorio y la transferencia tecnológica, a través de la vinculación ciencia-empresa y la vinculación empresa-empresa, en torno al comportamiento variedad-portainjerto con foco en el ahorro de agua de riego en distintas zonas del Valle de Copiapó.

Objetivos específicos:

- Desarrollar una herramienta, a escala piloto, que permita el cruce de información edafo-climática con los requerimientos para los que están desarrollados los distintos patrones
- Definir una pauta de manejo hídrico óptimo para las combinaciones variedad-portainjerto estudiadas en tres sitios diferentes del Valle de Copiapó
- Promover la vinculación entre empresas para difundir experiencias de replante con variedades injertadas

Objetivos estratégicos:

- Desarrollar investigación aplicada en el sector productor de uva de mesa en el Valle de Copiapó tendiente a generar información relevante para el proceso de renovación de huertos.
- Desarrollar, implementar y difundir pautas de manejo que garanticen el uso eficiente del recurso hídrico para riego.

4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INICIATIVA/METODOLOGIA

La iniciativa se llevó a cabo en las siguientes etapas:

ETAPA I

Realización de estudio de suelo y establecimiento de unidades demostrativas de combinaciones variedadportainjerto en huertos existentes en el Valle de Copiapó

Se inició el proyecto con la realización de un estudio de suelos, también denominado estudio agrológico, para el desarrollo de un aplicación web vinculada a la ya existente "Plataforma Única de Gestión Hídrica intrapredial para el Valle de Copiapó", proyecto de Bien Público financiado por CORFO, que permite al ingresar las características de los patrones y/o variedades que se pretende introducir, indicar si la zona es apta o no para su correcto desarrollo y producción. Está herramienta, se encuentra disponible como versión piloto y para una superficie de 400 há, se presenta como un primer filtro para la selección de una combinación a plantar, asumiendo condiciones de prueba de estas combinaciones en otras zonas del país o el mundo. Con esta selección previa y acotación de potenciales combinaciones a establecer, el paso siguiente sería la evaluación in situ, mediante la tecnología a implementar y metodología a desarrollar por la iniciativa.

Para la realización del estudio de suelo se describió una superficie total de 395 hectáreas descritas como se muestra en el cuadro a continuación.

Cuadro 3. Detalle de superficie de suelo descrita y empresas donde se trabajó

N°	Empresa	Superficie descrita (ha.)
1	Fundo Palo Blanco	36
2	Agrícola Dainal	50
3	Agrícola U.A.C	105
4	Frutícola Atacama	116
5	Río Blanco	88
	Total	395

Los objetivos del estudio, en cada caso, fueron:

- Determinar las series de suelo existentes en los predios
- Definir las fases asociadas a cada serie, que determinen un manejo diferenciado en el riego y el cultivo

En anexo digital se encuentran los respaldos de la información obtenida en el estudio, con la descripción de la serie de suelo y sus fases identificadas. Éstas se describen a través de un perfil característico. Para cada fase, fueron enviadas muestras al laboratorio para análisis físico-químicos cuyos resultados permitieron elaborar recomendaciones para cada unidad.

Por otra parte, se seleccionaron dos huertos comerciales injertados de producción de uva de mesa en tres localidades del Valle de Copiapó.

Cuadro 4. Estaciones demostrativas

Localidad	Variedad	Portainjerto
Hornitos	Red Globe	Harmony
San Antonio	Red Globe	Ramsey
Amolanas	Red Globe	Freedom

En cada estación demostrativa se montaron tres tratamientos con distintos manejos de riego, en función de la Evapotranspiración de cultivo (ETc). En el siguiente cuadro se detallan los tratamientos de riego.

Cuadro 5. Tratamientos

Tratan	nientos
T1	Manejo tradicional del campo
T2	80% de la ETc
T3	120% de la ETc

ETAPA II

Comparación de tratamientos

En cada unidad demostrativa se evaluaron los siguientes parámetros: potencial hídrico xilemático, conductancia estomática, porcentaje de interceptación de radiación, flujo de savia de la planta. Además, se registró el contenido de agua del suelo a los 0,3; 0,6 y 0,9 m de profundidad, el crecimiento radical y se registró el valor de Evapotranspiración de referencia mediante una estación meteorológica.

También se evaluaron parámetros productivos y de calidad de la fruta cosechada; peso de fruta cosechada por planta, peso promedio de racimo, promedio del peso de baya, diámetro ecuatorial y distal de la baya, grados Brix, color y fecha de cosecha.

Con el análisis de esta información se construyeron pautas de manejo hídrico para las distintas combinaciones variedad-portainjerto evaluadas.

A partir de las evaluaciones realizadas a los distintos tratamientos de riego en las tres unidades demostrativas se pudo caracterizar y diferenciar el manejo tradicional y el nuevo manejo agronómico para la programación de riego.

También se realizó un seguimiento semanal en dos etapas de los estados fenológicos, evaluando una planta por repetición de cada propuesta de manejo. Inicialmente se realizó un inventario del número de cargadores de la planta. En la primera etapa se seleccionaron al azar el 30% de los cargadores inventariados sobre cada planta, a los cuales se les contó el número de yemas totales. A estos cargadores se les realizó un seguimiento, donde se identificaron tres estados fenológicos: "yema algodonosa", "puntas verdes" y "brote de 3 cm". La etapa finalizó cuando el 51% de las yemas totales se encontraba en estado de "brote de 3 cm".

En la segunda etapa se evaluó desde floración hasta madurez de cosecha. Para ello se realizó un conteo del número de racimos de las plantas seleccionadas en la primera etapa. A estas plantas se les seleccionó un 30% de racimos, identificando 4 estados fenológicos: Floración, Cuaja, Pinta y Madurez de cosecha. La ocurrencia de cada estado se considera cuando el 50% de las bayas del cada racimo cumpla con la condición de un estado fenológico. Por ejemplo: si el 51% del racimo tiene sus bayas cuajadas, se consideró que el racimo estaba en el estado de cuaja. Para la identificación de los estados fenológicos se realizaron evaluaciones 2 veces por semana.

Imagen 1. Evaluación cobertura vegetal con un ceptómetro lineal



Para las variables productivas se realizó un análisis estadístico que permitió diferenciar los efectos de los manejos hídricos propuestos en cada ensayo.

Combinando el uso del agua y el rendimiento obtenido se pudo obtener la productividad del agua de riego (kg de fruta cosechada/m³ de agua utilizada

ETAPA III

Desarrollo de un programa de transferencia de resultados

Esta etapa incluyó las siguientes actividades: seminario de lanzamiento del proyecto, días de campo, seminario de cierre del proyecto.

Los seminarios de lanzamiento y cierre consideraron exposiciones en sala, realizando las convocatorias en forma presencial, telefónica y vía correo electrónico. Los días de campo fueron actividades prácticas en terreno acompañadas con presentaciones de contexto en sala. Igualmente las convocatorias en forma presencial, telefónica y vía correo electrónico.

ETAPA IV

Desarrollo de aplicación web

En esta etapa se desarrolló un aplicación web vinculada a la ya existente "Plataforma Única de Gestión Hídrica intrapredial para el Valle de Copiapó" que permite, al ingresar las características de los patrones y/o variedades que se pretende introducir, indicar si la zona es apta o no para su correcto desarrollo y producción. Esta herramienta, está disponible como versión piloto y para una superficie de 400 ha.

El sistema de información está compuesto por una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), una base de datos digital, un conjunto de scripts y un Sistema Experto.

SE

Controlador

SE

Wista

Modelo

Modelo

Imagen 2. Esquema de los componentes del sistema.

En este esquema, la Interfaz Gráfica de Usuario corresponde a un medio de comunicación entre el usuario y el resto del sistema. En este caso la GUI está implementada en ambiente WEB 2.0 lo que permite que los usuarios del sistema puedan acceder a él sobre la plataforma Internet utilizando un navegador estándar, sin necesidad de instalar ningún componente adicional en forma local. Adicionalmente, esta configuración hace posible la comunicación bidireccional entre usuarios y sistema, permitiendo así presentar información de manera dinámica e interactiva.

La base de datos digital cumple la función de almacenamiento y recuperación de la información requerida para realizar las tareas del sistema. En particular, se almacena en ella las componentes espaciales y no espaciales de una cartografía de suelos correspondiente al área de estudio de este proyecto, así como las características de adaptabilidad o resistencia de distintos portainjertos a las limitaciones impuestas por las características de suelo. Adicionalmente, esta base de datos almacena algunos datos auxiliares para el funcionamiento del sistema experto y la interfaz de usuario.

Los *scripts* tienen la función de manejar la comunicación entre el usuario y los datos, específicamente capturando las acciones que el usuario realiza por medio de la interfaz de usuario, direccionando las solicitudes del usuario a los distintos escript que solicitan y procesan datos desde la base de datos y devolviendo respuestas a la interfaz gráfica de usuario.

Finalmente, el sistema experto tiene la función de analizar las características de los suelos y los portainjertos disponibles en la base de datos para formular una recomendación en lenguaje natural.

Cabe mencionar que en esta arquitectura todas las acciones de procesamiento de datos e información que son necesarios para cumplir las tareas del sistema se realizan a nivel del servidor donde éste se aloja y no en forma local. Aunque en la etapa actual de desarrollo del sistema su funcionamiento no presenta una gran exigencia de recursos de cómputo, en la medida que el sistema se escale, el procesamiento en un servidor remoto hará posible que cualquier usuario acceda a él, lo que no necesariamente sería posible usando procesamiento local.

5. INNOVACIÓN QUE PRESENTA LA INICIATIVA

Las investigaciones respecto al uso potencial de portainjertos en uva de mesa, resultan restringidas a nivel nacional, limitadas a algunas variedades, y realizadas mayoritariamente en el extranjero.

En Chile, el único proyecto de investigación aplicada en portainjertos de uva de mesa era el denominado "Aumento de la productividad y competitividad de la uva de mesa de la V Región de Chile a través del uso de portainjertos tolerantes a suelos con limitaciones físicas y de técnicas de manejo agronómico que mejore las condiciones de aireación en la zona de raíces" financiado por Innova Corfo realizo un amplio trabajo en Aconcagua con la variedad Thomson Seedless. Pese a los avances de esta iniciativa en el área a nivel nacional, no constituyen una base informativa concreta, que fundamente la elección de una determinada combinación variedad-portainjerto para las condiciones edafoclimáticas de la Región de Atacama por las condiciones particulares que aquí se presentan.

Cabe destacar que el Grupo de Estudios de Agua- GEA a través de su iniciativa "Desarrollo e innovación de una red agrometeorológica para el Valle de Copiapó", financiado a través de FIA por el FIC Regional, fue el primero en probar el uso de los sensores de flujo de savia, lo que permitió sentar las bases de lo que ahora debe investigarse en profundidad respecto al retraso en el consumo de agua en las plantas con patrones. Esta tecnología entonces es de importancia en la investigación aplicada que se llevó a cabo.

El presente proyecto fue una iniciativa altamente innovadora, principalmente, por el nivel de desarrollo local que propuso.

6. **BENEFICIARIOS**

Los beneficiarios directos fueron las 3 empresas donde se implementaron las unidades demostrativas, además de alrededor de 50 empresas agrícolas productoras de uva de mesa del Valle de Copiapó que participaron en las actividades en terreno realizadas, así como en los seminarios de apertura y cierre. Se suman 30 pequeños agricultores que participaron en una actividad de difusión realizada en Alto del Carmen.

El equipo ejecutor estima que se produjo un impacto indirecto a todos los productores agrícolas de los valles de Copiapó, así como a todos los productores del valle del Huasco debido al alto potencial de replicar la iniciativa en toda la provincia con financiamientos futuros. Se calcula que de la totalidad de productores alrededor de 400 personas podría visitar la plataforma donde está alojada la aplicación piloto que permite el cruce de información edafo-climática con los requerimientos para los que están desarrollados los distintos patrones.

7. VINCULACIÓN DE LA INICIATIVA CON AMBITOS DE RELEVANCIA REGIONAL

A continuación se presenta en un cuadro la vinculación de la iniciativa con los distintos ámbitos de relevancia regional.

Cuadro 6. Vinculación con ámbitos de relevancia regional

ÁMBITO DE VINCULACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE LA VINCULACIÓN
	La iniciativa buscó generar conocimiento local innovador y replicable en otras zonas del país fortaleciendo, marcando
Investigación aplicada	con esto un precedente para nuevas iniciativas.
	La iniciativa apuntó a desarrollar estrategias para hacer más
Recurso hídrico	eficiente el uso del recurso hídrico para riego.
	La iniciativa corresponde a un programa de investigación y desarrollo asociado al sector agrícola y al principal cultivo de la Región de Atacama, permitiendo a su vez impactar en la plataforma transversal "agua", mediante la orientación de los manejos a través del balance hídrico, priorizada en la agenda
Agricultura	regional

8. ACTIVIDADES REALIZADAS

A continuación se describen las actividades realizadas y los plazos de ejecución.

Cuadro 7. Carta Gantt ejecutada

Nombre de	ı	Mes	ses																					
la actividad programada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 0	1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	2	2	2 2	2	2 4
	et	etapa i etapa ii													etapa iii									
Desarrollo de actividad de lanzamiento																								
2. Realización de estudio de suelo de la zona afectada																								
3. Implementac ión de estaciones demostrativa s																								
4. Caracterizaci ón de los manejos productivos tradicionales realizados en las unidades demostrativa s																								
5. Desarrollo e implementac ión de nuevo manejo agronómico de la																								

programació											
n del riego											
en base a											
balance											
hídrico en las											
unidades											
demostrativa											
S											
6. Desarrollo											
de días de											
campo											
7. Desarrollo											
de aplicación											
web											
8.											
Realización											
de seminario											
de cierre											

8.1. Desarrollo de actividad de Lanzamiento

La actividad de lanzamiento, que contó con la asistencia de 35 personas, se realizó el día 20 de julio de 2016 en el marco de un seminario denominado "Eficiencia hídrica en la agricultura de la Región de Atacama". En la instancia se realizaron dos presentaciones, adjuntas en anexo digital, la primera fue dirigida por el Sr. Julio Haberland donde dio a conocer el contexto, los objetivos, compromisos e impactos del proyecto. La segunda la realizó la Sra. María Cecilia Peppi, quién expuso respecto de los aspectos técnicos a considerar para la elección de portainjertos en vides de mesa.

La actividad contó con difusión en medios locales previo a la realización del evento apareciendo en el Diario Chañarcillo.

También se realizó cobertura periodística el día del lanzamiento. El comunicado de prensa que informó de la actividad realizada en el Hotel Chagall, fue enviado a los medios de comunicación regionales con la autorización de los profesionales pertinentes del Gobierno Regional (ver Anexo Digital).

Quienes publicaron la noticia fueron Diario Chañarcillo, radio Nostálgica, radio Celeste y el sitio web Tierramarillano.cl. De estos los más importantes son el Diario Chañarcillo, porque es el diario más leído en Copiapó, y el portal web de radio Nostálgica, que tiene un conteo de 15 mil visitas diarias.

En anexos digitales ver presentaciones, listas de asistencia y nota de prensa.

Imagen 3. Fotografías lanzamiento



8.2. Realización de estudio de suelo de la zona afectada

Se realizó el estudio agrológico de 400 ha, comprendidas en 4 localidades del Valle de Copiapó; Manflas, Amolanas, San Antonio, Hornitos. En anexo digital se entregan los estudios agrológicos y los planos de cada sitio de estudio. De este estudio se destaca la aparición de series de suelo que no se encuentran descritas por el estudio agrológico realizado por el CIREN el año 2006.



Imagen 4. Ubicación estudios agrológicos.

8.3. Implementación de estaciones demostrativas

Se implementaron, en la comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó tres estaciones demostrativas cultivadas con uva de mesa variedad Red Globe injertadas sobre tres portainjertos, dispuestas en las localidades de Amolanas, San Antonio y Hornitos. Ver cuadro a continuación.

Localidad	Variedad	Portainjerto
Hornitos	Red Globe	Harmony
San Antonio	Red Globe	Ramsey
Amolanas	Red Globe	Freedom

Cuadro 8. Estaciones demostrativas

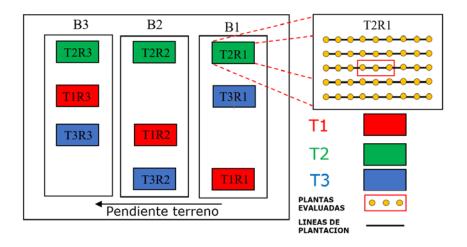
En cada estación demostrativa se montaron tres tratamientos con distintos manejos de riego, en función de la Evapotranspiración de cultivo (ETc). En el siguiente cuadro se detallan los tratamientos de riego.

Cuadro 9. Tratamientos de riego

	% ETc							
TRATAMIENTO	HORNITOS	SAN ANTONIO	AMOLANAS					
T1	73	115	172					
T2	102	101	108					
T3	88	135	211					

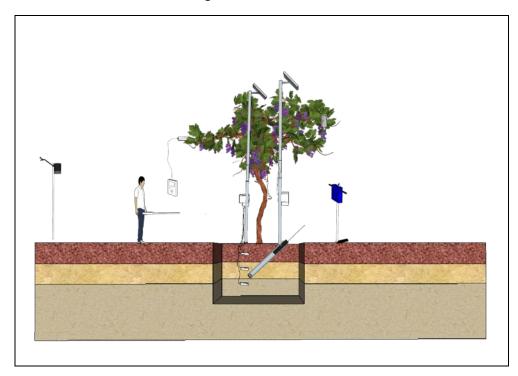
El diseño experimental de cada unidad demostrativa consistió en bloques, donde se evaluó el efecto de la dosis del riego en base a la ETc, a partir de tres tratamientos y tres repeticiones. Los bloques presentan características de suelo homogéneas, y están situados de acuerdo con la pendiente del terreno (que varía de 0,3 a 0,5 % aproximadamente) para diferenciar posibles efectos de los tratamientos. En cada bloque se ubica una repetición de cada tratamiento, conformada por cinco hileras de nueve plantas, siendo las tres plantas centrales las evaluadas, es decir, cada bloque se compone de 135 plantas donde cada repetición del tratamiento afecta a 45 plantas. Ver figura a continuación.

Figura 2. Diseño experimental de cada unidad demostrativa



Para lograr el manejo de riego se evaluaron semanalmente el potencial hídrico xilemático, conductancia estomática, porcentaje de interceptación de radiación, flujo de savia de la planta. Además, se registró el contenido de agua del suelo a los 0,3; 0,6 y 0,9 m de profundidad, el crecimiento radical y se registró el valor de Evapotranspiración de referencia mediante una estación meteorológica. Ver la siguiente figura.

Figura 3. Evaluaciones



También se evaluaron parámetros productivos y de calidad de la fruta cosechada; peso de fruta cosechada por planta, peso promedio de racimo, promedio del peso de baya, diámetro ecuatorial y distal de la baya, grados Brix, color y fecha de cosecha (Imagen 5).

Imagen 5. Evaluación en cosecha.



8.4. Caracterización de los manejos productivos tradicionales de riego realizados en las unidades demostrativas

A partir de las evaluaciones realizadas a los distintos tratamientos de riego en las tres unidades demostrativas se pudo caracterizar y diferenciar el manejo tradicional y el nuevo manejo agronómico para la programación de riego.

También se realizó un seguimiento semanal en dos etapas de los estados fenológicos, evaluando una planta por repetición de cada propuesta de manejo. Inicialmente se realizó un inventario del número de cargadores de la planta. En la primera etapa se seleccionaron al azar el 30% de los cargadores inventariados sobre cada planta, a los cuales se les contó el número de yemas totales. A estos cargadores se les realizó un seguimiento, donde se identificaron tres estados fenológicos: "yema algodonosa", "puntas verdes" y "brote de 3 cm". La etapa finalizó cuando el 51% de las yemas totales se encontraba en estado de "brote de 3 cm".

En la segunda etapa se evaluó desde floración hasta madurez de cosecha. Para ello se realizó un conteo del número de racimos de las plantas seleccionadas en la primera etapa. A estas plantas se les seleccionó un 30% de racimos, identificando 4 estados fenológicos: Floración, Cuaja, Pinta y Madurez de cosecha. La ocurrencia de cada estado se considera cuando el 50% de las bayas del cada racimo cumpla con la condición de un estado fenológico. Por ejemplo: si el 51% del racimo tiene sus bayas cuajadas, se consideró que el racimo estaba en el estado de cuaja. Para la identificación de los estados fenológicos se realizaron evaluaciones 2 veces por semana.

Los resultados indican que en la primera etapa la unidad demostrativa de Amolanas es las más temprana, mientras que la unidad demostrativa de San Antonio es la más tardía, lo que se explica parcialmente por la diferencia climática en la acumulación de días grados. Se entiende como "temprana" cuando en una unidad demostrativa los estados fenológicos ocurren antes que en las otras unidades con las que se está comparando. En la segunda etapa Amolanas sigue siendo las más temprana, pero Hornitos pasa a ser la más tardía, a 7 días de San Antonio y 20 días de Amolanas aproximadamente. En cuanto a los tratamientos de riego solo se presentaron diferencias en el T2 para el desarrollo del color de la baya y acumulación de azúcar (°Brix), presentándose el estado de madurez de cosecha 7 días antes de los otros tratamientos. Esto ocurrió en las 3 unidades demostrativas, explicado por la mejor condición hídrica del suelo y de la planta.

Cuadro 10. Fechas de ocurrencia de los estados fenológicos en cada unidad demostrativa y tratamiento de riego.

UD		Amolana	ıS	S	an Antonio)	Hornitos			
Semana	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Yema Algodonosa	17 ago	17 ago	17 ago	6 sept	6 sept	6 sept	6 sept	6 sept	6 sept	
Puntas verdes	25 ago	25 ago	25 ago	20 sept	20 sept	20 sept	15 sept	15 sept	15 sept	
Brotes de 3 cm	8 sept	8 sept	8 sept	27 sept	27 sept	27 sept	22 sept	22 sept	22 sept	
Floración	2 oct	2 oct	2 oct	16 oct	16 oct	16 oct	21 oct	21 oct	21 oct	
Cuaja	20 oct	20 oct	20 oct	27 oct	27 oct	27 oct	3 nov	3 nov	3 nov	
Pinta	10 dic	10 dic	10 dic	20 dic	20 dic	20 dic	29 dic	03 ene	03 ene	
Cosecha	30 ene	23 ene	30 ene	16 feb	10 feb	16 feb	7 mar	28 feb	7 mar	

En cuanto al volumen de agua aplicado en los tratamientos de riego se observan dos condiciones; un menor o mayor volumen de agua de T2 respecto al riego tradicional del campo. En las unidades demostrativas de Amolanas y Hornitos el tratamiento de riego en base a los parámetros fisiológicos (T2) solo recibió un 64% y un 14% volumen de agua de T1 respectivamente. Esto se explica por un sobre riego realizado por el manejo tradicional del campo de un 172% y 115% respecto de la ETC, respectivamente.

Por el contrario, en Hornitos el T2 recibió un aporte de agua de 29% más que el T1, que representa un 73% de la ETC, lo que se explica porque el manejo tradicional del riego no aplica la fracción de lavado necesaria para la condición físico-química del suelo.

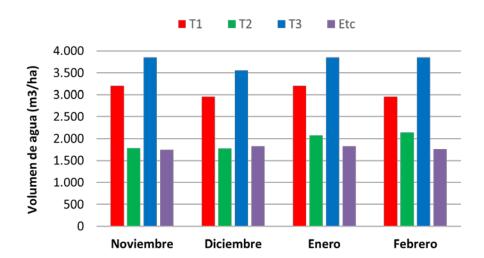
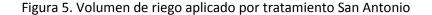


Figura 4. Volumen de riego aplicado por tratamiento Amolanas



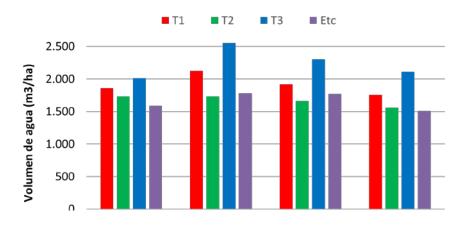
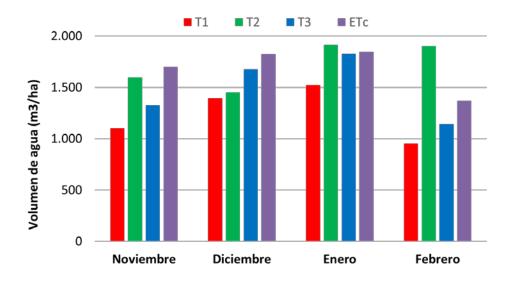


Figura 6. Volumen de riego aplicado por tratamiento Hornitos



La ETC se obtuvo a través de la recopilación de la evapotranspiración de referencia obtenida por una estación meteorológica (Imagen 6) cercana a cada unidad demostrativa (100 m) y de la determinación del coeficiente de cultivo kc a través de la evaluación de la cobertura vegetal, medido con un ceptómetro lineal (Imagen 5).

Imagen 6. Estación meteorológica



Se destaca que la ETc de las unidades demostrativas es distinta, principalmente, por la condición climática (ETO), siendo mayor en Amolanas, seguida por San Antonio y por último Hornitos. Respecto a la variación de la cobertura vegetal, entre los tratamientos de riego no existieron diferencias significativas durante todos los estados fenológicos (Figura 7, Figura 8, Figura 9).

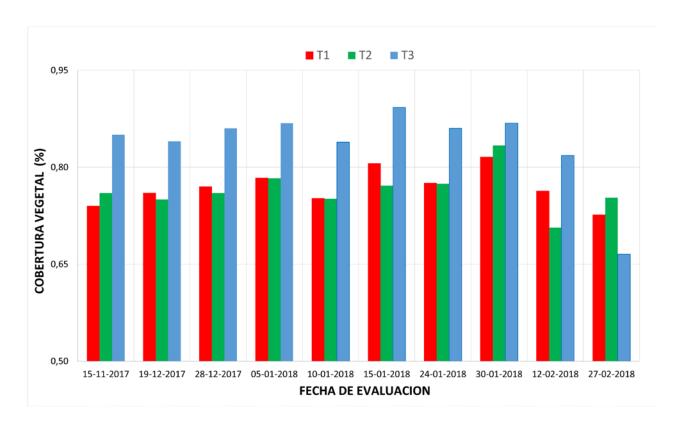


Figura 7. Cobertura vegetal unidad Amolanas

Figura 8. Cobertura vegetal unidad San Antonio

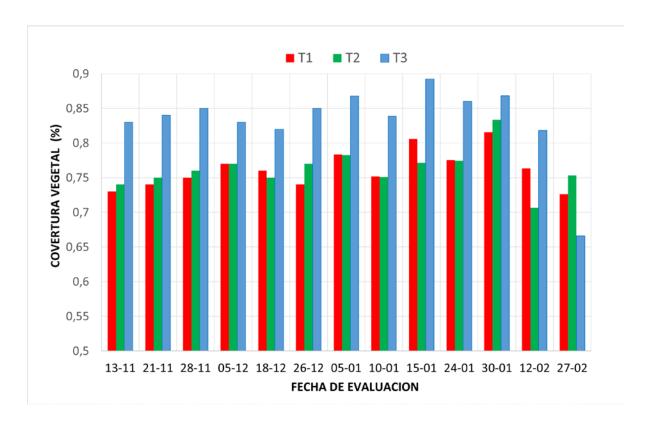
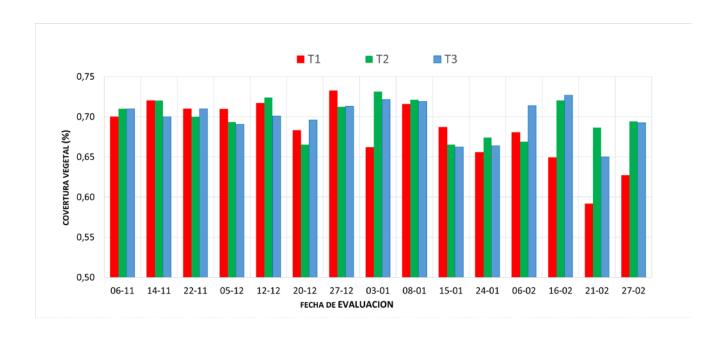
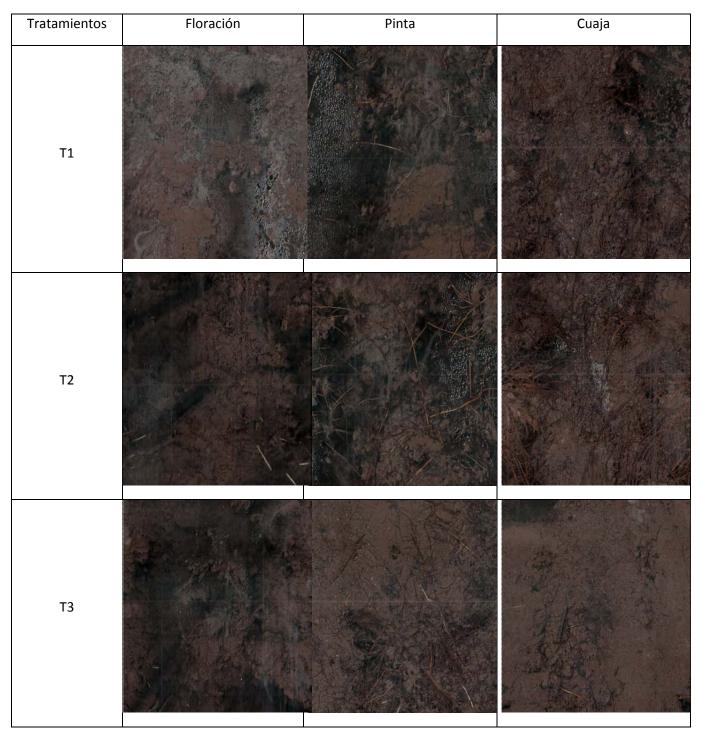


Figura 9. Cobertura vegetal unidad Hornitos



Respecto al indicador de crecimiento de raíces, las tres unidades demostrativas mostraron que en los estados fenológicos de floración, pinta y cuaja el crecimiento de raíces fue mayor en el T2 respecto a los otros dos tratamientos.

Imagen 7. Imágenes del crecimiento de raíces obtenida por el escáner de raíces primeros 40 cm de profundidad, en la unidad demostrativa Hornitos, en los estados fenológicos de floración, pinta y cuaja.



Las raíces de color café corresponden a pelos radicales que ya cumplieron su función y los de color blanco son los que se encuentran activos. Una mayor cantidad de estos indica un mayor crecimiento de este órgano, generado por la condición hídrica del suelo.

Respecto a los parámetros fisiológicos de la planta, como el potencial hídrico xilemático, los valores registrados en las 3 unidades demostrativas durante todo el periodo de evaluación indican que el T2 es el que presenta una mejor respuesta al manejo hídrico. En este informe se presenta la información obtenida en la unidad demostrativa de Hornitos, que indica que T2 siempre fue el tratamiento, salvo en dos momentos cuando se produjo un problema con el sistema de riego (Figura 9). Esto permite inferir que el riego basado en la ETc es el de mejor manejo de riego en comparación con los otros tratamientos evaluados.

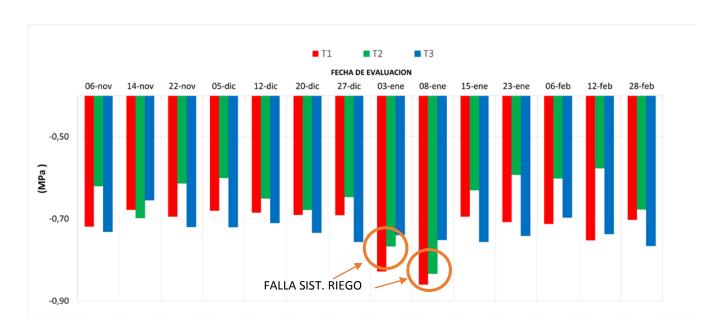


Figura 10. Potencial hídrico xilemático unidad Hornitos

Respecto a la evaluación de la velocidad de flujo de savia, que permite comprender la condición hídrica que poseen las plantas con distintos tratamientos de riego, éstas mostraron que durante todo el periodo del estudio las velocidades de flujo de savia para el T2 siempre fueron las más altas en todas las unidades demostrativas. En este informe se presenta para la unidad demostrativa de Hornitos, destacando que la velocidad de flujo para T2 es casi el doble que para los otros dos tratamientos (Figura 11), ratificando que el tratamiento de riego T2 es el de mejor manejo de riego.

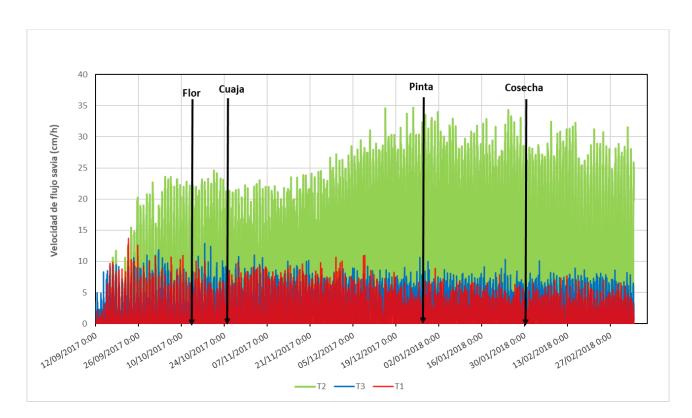
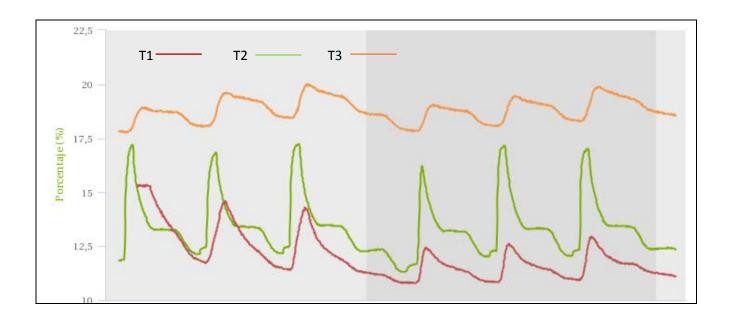


Figura 11, Velocidad de flujo de savia en la unidad demostrativa Hornitos.

Respecto a la evaluación del contenido de agua en el suelo, estimado por sensores capacitivos modelo GS3, se mostró un comportamiento dispar para los tratamientos de riego en toda la unidad demostrativa, dado la diferencia de los tiempos y frecuencia de los riegos. En la Figura 12 se describe el comportamiento de la unidad demostrativa de Hornitos en donde, las líneas de color rojo, verde y naranjo representan el contenido de agua de suelo de los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, en el cual se aprecia que el tratamiento T3 posee mayor contenido de agua en el suelo, ya que recibe mayor volumen de agua de riego. La curva del T1 que indica el criterio de riego utilizado por el campo no alcanza a reponer el contenido de agua del suelo que absorbe la planta, indicada por la baja pendiente de desecación del suelo. Mientras que en T2 el contenido de agua es intermedio, indicando que la tasa de extracción de agua por la planta es la mejor, igual a la del T3 pero con menos pérdidas por percolación (bajo la zona de raíces).

Figura 12. Contenido de agua en el suelo durante el mes de enero en los primeros 30 cm de profundidad para los tres tratamientos de la unidad demostrativa de Hornitos.



Para las variables productivas se realizó un análisis estadístico que permitió diferenciar los efectos de los manejos hídricos propuestos en cada ensayo. En el caso del calibre de la fruta cosechada (Cuadro 5), en el ensayo de Amolanas el T3 fue el que obtuvo fruta con mayor diámetro, aunque este presenta diferencias estadísticas, su media no se aleja mucho a la del T2. En el caso de San Antonio el T2 obtuvo bajo calibre con respecto a los otros dos tratamientos, esta diferencia se debe a un sobreraleo que existió en estos tratamientos que provoco un mayor crecimiento de baya, pero un menor peso del racimo. Para el ensayo de hornitos se observa que el T2 obtuvo racimos con mejor calibre reiterando el efecto del buen manejo que se propuso durante la temporada.

Cuadro 11. Análisis estadístico para el calibre, color y diámetros de baya de la fruta cosechada de los tres ensayos.

	CA	LIBRE CON	MERCIAL	COLOR C	OMERCIAL	DIAMETRO BAYA				
ENSAYO	TR.	MEDIA	COMP.	MEDIA	СОМР.	Diámetro ecuatorial (mm)	DGC	Diámetro polar (mm)	DGC	
	1	1,79	Α	1,88	В	25,05	С	26,73	С	
AMOLANAS	2	2,02	В	2,43	С	25,99	Α	28,30	Α	
	3	2,19	С	1,69	А	25,51	В	27,55	В	
	1	2,28	В	1,94	AB	23,85	Α	24,03	Α	
SAN ANTONIO	2	1,64	Α	2,25	С	22,36	В	22,36	С	
ANTONIO	3	2,08	В	1,81	А	23,34	Α	23,44	В	
HORNITOS	1	1,82	Α	2,17	С	25,14	С	24,89	С	
	2	2,29	С	1,96	AB	26,44	Α	26,21	Α	
	3	1,89	AB	1,87	Α	25,72	В	25,47	В	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05).

TR= Tratamiento - COMP. Y DGC = Métodos estadísticos de comparación.

De acuerdo al análisis estadístico que se realizó al peso de baya, de racimos y al peso total de fruta cosechada por planta, para el ensayo de Amolanas se puede observar que en el tratamiento dos aunque no se encontró diferencias estadísticas en el peso total de la fruta cosechada por planta, hubo una mejora en la calidad de la fruta, con lo cual se logró producir la misma cantidad de fruta con menor cantidad de agua, en el caso del T2 se aplicó un 70% menos de agua que el T1. Consiguiendo así un uso eficiente del recurso hídrico en la producción del cultivo. En el ensayo de San Antonio T2 obtuvo un mayor rendimiento en la producción lo cual se sustenta en el mejoramiento de la eficiencia del uso del agua. Para el ensayo de Hornitos en el manejo hídrico propuesto (T2) se encontró diferencias significativas en todas las variables analizadas logrando un incremento en la producción de la fruta.

Cuadro 12. Análisis estadístico para el peso de baya, peso promedio de racimos y el peso total de fruta cosechada de los tres ensayos.

ENSAYO	PESO DE BAYA			PESO DE RACIMO/PLANTA		PESO DE FRUTA TOTAL/PLANTA	
	TR.	Medias (g)	DGC	Medias (g)	DGC	Medias (Kg)	DGC
	1	11,40	С	498,36	В	22,35	Α
AMOLANAS	2	12,45	Α	604,76	А	23,78	Α
	1	11,95	В	526,48	В	23,86	Α
	1	10,54	Α	494,3	А	5,77	В
SAN ANTONIO	2	8,51	С	449,63	В	10,14	Α
	3	9,61	В	465,54	В	7,1	В
	1	10,11	С	584,24	С	22,31	В
HORNITOS	2	11,63	Α	713,94	А	28,25	Α
	3	10,56	В	657,91	В	26,11	Α

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

TR= Tratamiento - DGC = Método estadístico de comparación.

Combinando el uso del agua y el rendimiento obtenido se puede obtener la productividad del agua de riego (kg de fruta cosechada/m³ de agua utilizada), para los ensayos en Amolanas y San Antonio existió una mayor productividad del agua para T2, mientras que en hornitos no hubo diferencia para los tratamientos.

6.0

| Solution | Solu

Figura 13. Productividad del agua en cada unidad demostrativa

Por tanto, se puede concluir que el manejo de riego realizado para el tratamiento de riego es el óptimo, ya que no solo aumentó los rendimientos, sino que también disminuyó la cantidad del agua aplicada en un 37% respecto al manejo comercial que se realizaba.

8.5. Desarrollo e implementación de nuevo manejo agronómico de la programación del riego en base a balance hídrico en las unidades demostrativas

Con la información de las temporadas 2016-2017, 2017-2018 se desarrollaron pautas manejos agronómicos para la programación de riego para las tres combinaciones de variedad-portainjerto estudiadas. A continuación se detalla, a modo de ejemplo, una de las pautas desarrolladas. Ver los documentos completos en anexo digital "Pautas de manejo hídrico".

Pauta de manejo hídrico óptimo para las combinaciones Red Globe-Freedom estudiada en el Valle de Copiapó.

Introducción

Es sabido que el manejo agronómico de huertos de vides injertadas es diferente a una planta auto-enraizada, dentro de esto la programación de riego es calve para optimizar su producción. Sumado a ello existe una diversidad edafoclimática en el Valle de Copiapó que lo hace aún más particular, generando la necesidad de estudiar en detalle cada una de las variables que determinaran un manejo optimo del riego.

En la actualidad existen 400 ha de uva de mesas injertadas con portainjertos de origen americano (Harmony, Freedom y Ramsey) que no han dado resultado por diversos motivos, de los cuales la principal problemática ha sido el manejo de la programación de los riegos.

El objetivo de este documento es entregar la pauta para realizar un manejo óptimo del riego en vides de mesa de la variedad Red Globe injertadas sobre Freedom tomando como referencia la investigación realizada en la localidad de Amolanas comuna de Tierra Amarilla.

Imagen 8. Ubicación unidad demostrativa.



Demanda y requerimientos hídricos del cultivo para la estimación de un manejo eficiente del agua de riego

Para realizar un manejo de riego adecuado es necesario conocer los requerimientos hídricos del cultivo, en la localidad del estudio el cultivo de uva de mesa variedad Red Globe injerta en un portainjerto Freedom posee una demanda hídrica (ETc) de 1.464 mm/año, información obtenida de la Estación meteorológica disponible para la localidad y de la utilización del coeficiente de cultivo (kc) obtenido mediante la utilización del área sombreada del cultivo a medido día, determinada por un ceptometro lineal. Los cuales variaron desde 0,1 a 1 entre los estados fenológicos de receso invernal y cosecha.

Imagen 9. Medición con ceptometro lineal del área sombreada del cultivo



Imagen 10. Estado fenológico receso invernal



Imagen 11. Estado fenológico de cosecha



La mayor demanda se registró entre los estados fenológicos de floración a cosecha (noviembre a febrero), cuyos kc variaron desde 0,8 a 1 desde pinta a cosecha generando una ETc de 716 mm en los 4 meses.

Cuadro 13. Evapotranspiración de cultivo para los meses de mayor demanda.

Mes	ET0 (mm/mes)	Кс	ETc (mm/mes)
Noviembre	218	0,8	174
Diciembre	203	0,9	183
Enero	183	1	183
Febrero	176	1	176

En este estudio se evaluaron 3 regímenes de riego basados en la reposición de la Etc (T1=172% ETc, T2= 108%Etc y T3= 186%Etc), siendo la de mejor resultados la que satisfacía el 108% de la ETc, el 8% excedido de la ETc, corresponde a la eficiencia del sistema de riego. Se destaca que el T1 consiste en el manejo comercial del huerto del estudio.

El manejo comercial del huerto se traduce en un aporte de agua excesivo según lo medido con los parámetros fisiológicos evaluados durante la temporada de riego, como lo fueron potencial hídrico xilemático, la conductancia estomática, crecimiento de raíces y la velocidad de flujo de savia. Sumado a ello el suelo posee alta capacidad de retención de agua en la zona radical, por lo cual puede retener gran parte del exceso de agua, pero generá una falta de oxígeno del suelo más allá del límite indicado para la variedad y portainjerto, generando anoxia radicular y como este portainjerto es sensible a la anoxia radical, causo una merma en la

actividad y crecimiento de raíces provocando un estrés en la planta que generó una disminución en el desarrollo vegetativo y productivo.

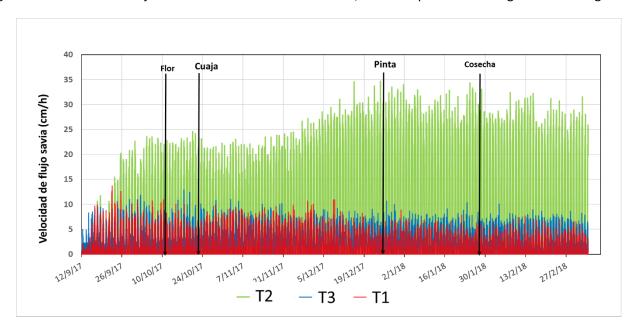


Figura 14. Velocidad de flujo de savia del cultivo en Red Globe/Freedom para los tres regímenes de riego.

En la anterior las líneas de colores corresponden a la velocidad de flujo de savia (mm/día) para los tres tratamientos, una mayor velocidad indica una mejor condición hídrica y productiva. Destacando una mayor velocidad de flujo en la línea verde, que corresponde al tratamiento regado con un 108% de la ETC respecto a los otros 2 tratamientos, indicando un manejo de riego adecuado, con un 108% ETC.

Cuadro 14. Tolerancia de portainjertos al contenido de agua en el suelo.

Porta injerto	Tolerancia sequia	Tolerancia Asfixia radical	Tolerancia Arcilla (%)
Ramsey	media-alta	media-baja	<5
Harmony	baja	baja	10-15
Freedom	media-baja	baja	10-15

Para evitar un mal manejo de riego se debe evaluación el contenido de agua en el suelo de forma permanente, en particular la zona radical, además de validarlo con un indicador de la planta sensible a la variación del contenido de agua en el suelo y que sea de fácil determinación por el agricultor, como lo es el potencial hídrico

xilemático, el cual fue validado en este estudio como una herramienta para el control eficiente del agua de riego.

Cuadro 15. Umbrales de riego para el uso del potencial xilemático como herramienta en el control de riego en la variedad Red Globe.

UD (0/)	T(°C)							
HR (%)	20	23	25	27	30	33	35	37
5	-0.36	-0.39	-0.41	-0.43	-0.47	-0.51	-0.54	-0.58
10	-0.36	-0.38	-0.40	-0.42	-0.45	-0.49	-0.52	-0.56
15	-0.35	-0.37	-0.39	-0.41	-0.44	-0.48	-0.51	-0.54
20	-0.34	-0.36	-0.38	-0.40	-0.43	-0.47	-0.49	-0.52
25	-0.34	-0.36	-0.37	-0.39	-0.42	-0.45	-0.48	-0.50
30	-0.33	-0.35	-0.36	-0.38	-0.41	-0.44	-0.46	-0.49
35	-0.32	-0.34	-0.35	-0.37	-0.39	-0.42	-0.44	-0.47
40	-0.32	-0.33	-0.34	-0.36	-0.38	-0.41	-0.43	-0.45
45	-0.31	-0.32	-0.34	-0.35	-0.37	-0.39	-0.41	-0.43
50	-0.30	-0.32	-0.33	-0.34	-0.36	-0.38	-0.40	-0.41

Esta herramienta permite determinar de forma precisa la frecuencia de los riegos, a continuación, se presenta un ejemplo de su utilización:

- 1. Selección de 10 plantas por sector de riego, las plantas seleccionadas deben ser representativas del sector de riego, en cuanto a crecientito vegetativo como al tipo de suelo en el cual se encuentra.
- 2. De cada planta se seleccionará una hoja sana, de la mitad de un brote cercano a la corona de la planta. A esta hoja se les cubrirá con una bolsa plástica cubierta con papel aluminio, para lograr dar oscuridad a la hoja. El cubrimiento de la hoja deberá ser entre las 12.00 y 13.00.
- 3. Esperar 60 minutos antes de retirar la hoja de la planta, tiempo necesario de equilibrio del estado hídrico de la hoja y la planta.
- 4. Retirar la hoja de la planta si sacarla de bolsa, y realizar la medición con la cámara de presión. Al momento de realizar la evaluación registrar temperatura y humedad relativa.

Imagen 12. Selección hoja a evaluar



Imagen 13. Temperatura y humedad relativa obtenida de la plataforma hídrica (plataformahidrica.agronomia.uchile.cl)



5. Con los datos de humedad y temperatura ubicar en el cuadro de umbrales de riego para el uso del potencial xilemático. Si el potencial xilemático medido es más negativo, que el indicado por la tabla, quiere decir que la frecuencia de riego no es la óptima, ya que se debería haber regado. En cambio, si es menos negativo quiere decir que aún se puede esperar un día más antes de regar.

El suelo como base del manejo de riego

Es de suma importancia conocer el suelo para realizar un manejo de riego que me maximice la producción para ello se debe conocer su morfología y sus características físicas y químicas que me determinen los manejos específicos, a continuación, se detallan las características más relevantes para realizar los manejos de riego del sitio donde se realizó el estudio.

Morfología de suelos

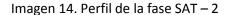
La unidad demostrativa Amolanas, donde se emplaza la combinación Red Globe-Freedom, al igual que en las unidades San Antonio y Hornitos están situadas sobre la serie San Antonio (SAT). Cabe mencionar que esta situación no es aleatoria, puesto que el objetivo del estudio es ver el comportamiento del desarrollo de variedad/portainjerto en este tipo de suelo.

Es así como la fase de suelos que se presenta en esta combinación es SAT – 2, que se ubica en sectores de topografía suavemente inclinada, alcanzando hasta un 3% de pendiente. Estos suelos se caracterizan por ser moderadamente profundos, estratificado con un horizonte superficial de textura franca arcillosa limosa a franco arcillo arenosa, estructura fuertemente desarrollada y color pardo muy oscuro a pardo oscuro en los matices 7.5YR y 10YR.

La profundidad efectiva de SAT – 2 está determinada por la presencia de un sustrato de clastos el que puede estar recubierto por arena gruesa, grava o material del horizonte inmediatamente superior. La clase de capacidad de uso de este suelo es IIIs5 y la clase de drenaje es W4 (drenaje moderado).

Cuadro 16. Descripción del perfil característico de la fase SAT – 2

Profundidad (cm)	Características descriptivas del suelo
0 – 60	Pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arcilloso; plástico, adhesivo; bloques subangulares moderados. Raíces finas y medias abundantes; poros finos y medios abundantes; grava fina en un 20% y piedras; moteados medios comunes; reacción al HCl de media a moderada. Límite lineal difuso.
60 – 90	Sustrato de grava media y fina en un 50% y piedras en un 5%. Matriz franco arcillosa pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; plástico, adhesivo; bloques subangulares moderados. Raíces finas y medias abundantes; poros finos y medios abundantes; moteados medios comunes; reacción al HCl de media a moderada. Límite lineal difuso.
90 – 180	Sustrato de grava fina y media en un 60%. Matriz pardo amarillento (10YR 5/4); franco arcillo limoso; plástico, adhesivo; bloques subangulares moderados. Raíces finas y medias escasas; poros finos y medios comunes; moteados medios comunes; reacción al HCl de media a moderada.





La principal limitante que posee la Serie de suelo San Antonio, y en específico la fase SAT – 2, en términos del manejo hídrico es la textura fina y muy fina que presenta en todo el perfil. En términos generales esta condición se vuelve más crítica en profundidad.

Vinculado a lo anterior es importante considerar que en la fase de suelo SAT – 2 el movimiento del agua en profundidad es limitado, lo que afecta la oxigenación del suelo y desfavorece el lavado de sales. Esta última situación se corrobora con la analítica química indicando generalmente altos contenidos de sales en el primer horizonte y bajo en el segundo, clara evidencia de una salinización secundaria de suelo (originada por el agua de riego).

Por otra parte, dada las características edáficas de los suelos estudiados, se recomienda establecer una cubierta de pasto en la entre-hilera, ya que, en función del régimen pluviométrico de la zona, se requerirá de un mayor soporte para el paso de maquinaria. Adicionalmente una cubierta de pasto actuará como medida de mitigación a los procesos erosivos.

Así también se recomienda el paso de un subsolador con una profundidad de trabajo de a lo menos 0,5 m, dada la evidencia de compactaciones en profundidad. Para esto se debe considerar pruebas haciendo pasadas a distintas profundidades y excavar para ver el patrón de alteración. Con esta evaluación además se puede descartar que el peso del suelo excede la capacidad del subsolador o que el suelo no se afloja bien o que la labor compacte en profundidad. Es muy relevante realizar la labor con el suelo seco.

Análisis físico-químico

La vid de mesa históricamente ha sido un cultivo muy estudiado. Es por esto que existe una buena base de información de los requerimientos químicos y de fertilidad del suelo, los cuales en términos generales no son óptimos en la Región de Atacama.

Cuadro 17. Requerimientos químicos y de fertilidad del suelo para uva de mesa

Ran	igo pH	CE umbral	SAT CA	SAT Mg	P-Olsen	K disp [1]	B disp.[1]	B soluble	Bicarbonat	Cloruro	PSI	RAS
Optimo	Tolerado	dS/m	%	%		mg/kg		mg/L	meq/L	meq/L	%	
5,6-6.5	5,6-8,4	<2	50-70	15-30	>25	120-230	0,2-1,0	<0,5	<4	< 10-40	<6	< 5,2

[1] Según clase textural.

Sin embargo, en lo unidad demostrativa Amolanas además de las condiciones base de salinidad de suelos propios de la Cuenca del Copiapó, se presentan a lo menos dos condiciones que se vinculan directamente a los manejos hídricos.

Primero se describió que los suelos a presentan ligeras limitaciones de compactación en los horizontes superficiales, probablemente al paso de maquinaria en condiciones de contenido de agua altos, lo que favorece la aparición de estratos compactados. Lo anterior se evidencia en los análisis de laboratorio en los que la densidad aparente de este suelo alcanzo 1.47 gr/cm3, valor superior a lo recomendado por el buen desarrollo radical de la vid (1.25 gr/cm3).

Cuadro 18. Parámetros químicos y físicos del suelo.

Profund. (cm)	Nº LAB	рН	CE (dS/m)	Cloruro meq/L	Bicarbonato (meq/l)	B disp. mg/kg	PSI (%)	RAS	CIC meq/100 g	MO (%)	Clase textural (Lab.)
0 – 60	182972	7.7	3.0	3.8	2.6	3.7	4.87	1.6	15.8	2.1	Franco limosa
60 – 90	182973	8.3	1.0	1.0	1.2	0.7	2.81	0.9	12.1	1.3	Franco arenosa

Esto se corresponde con la variación considerable de la Conductividad Eléctrica (CE) que en el horizonte superficial de 0-60 cm es de 3,0 mientras que el inmediatamente posterior de 60-90 presenta una CE de 1.0. Es decir, se presume una concentración de sales en el primer horizonte de suelos asociada a la compactación del segundo horizonte del perfil. Cabe destacar que solo en el primer horizonte de suelo la conductividad eléctrica sobrepasa el límite tolerado por la especie.

Cuadro 19. Parámetros de fertilidad del suelo.

Profund.		SAT Ca	SAT	Relación	Relación	N	P-Olsen	K-disp.	B-
(cm)	Nº LAB	(%)	Mg	molar	molar	disponible	(ppm)	(ppm)	disponible
(CIII)			(%)	Ca/Mg	K/Mg	(ppm)			(mg/kg)
0 – 60	182972	76	16	7.9	0.35	3.7	4	105	3.7
60 – 90	182973	78	17	23.13	0.47	2.4	3	117	0.7

En términos de la fertilidad de suelo, esta condición es adecuada o fácilmente corregible para todos los parámetros analizados. Sin embargo, es crítica en el caso del Boro disponible. Cabe destacar que la vid se encuentra entre los cultivos sensible a la presencia de este micronutriente. Por otra parte, las texturas del suelo es también un factor importante que considerar, ya que los suelos con textura fina (como es el caso) contienen en general mayores cantidades de boro soluble que los suelos de textura gruesa debido a que en estos, el boro es adsorbido por la arcilla, quedando restringida la lixiviación. Es así como los niveles encontrados en estos suelos se encuentran en niveles muy superiores a los tolerados por el cultivo siendo el máximo permitido 1,5 ppm, con daños muy ligeros a ligeros; siendo tóxico >3 mg/kg (CSIRO, 2004). En el caso de la Unidad demostrativa de Amolanas los valores del primer horizonte alcanzan los 3.7 mg/kg por lo que la afectación productiva es predecible.

Operación del sistema de riego

La totalidad de los sistemas de riegos existentes para el riego del cultivo de Uva de mesa en el valle de Copiapó es por goteo, que en la mayoría de los casos se encuentra con eficiencias menores al 90%. Esto se debe principalmente a dos motivos obsolescencia de los equipos de riegos y falta de mantención asociados a deficiencia en la operación de los equipos. Por ello es importante realizar mantenciones periódicas que en su mayoría no requieres de inversión.

Las principales prácticas que se deben realizar son:

- 1. Evaluar el coeficiente de uniformidad de distribución de los emisores y determinar la eficiencia del sistema de riego.
- 2. Realizar regulación de presiones que permitan abastecer a todas las laterales de riego con la mínima presión requerida por el emisor (0,8 bar).
- 3. Evaluar el punto de trabajo de la bomba, que el caudal entregado genere la presión que indica la curva de la bomba.
- 4. Realizar limpieza de la red de tuberías, realizando descole comenzado por la matriz y terminando por las líneas de riego.

Las frecuencias de estas labores deben ser trimestrales, la menor eficiencia del sistema generara una desuniformidad vegetativa y productivas del huerto.

Otro punto que se debe tener en cuenta es que se riega el suelo y no la planta, por lo cual agua que no ingrese al perfil de suelo no será aprovechada por el cultivo. Por tanto, no deberá existir escurrimiento al momento de ejecutar los riegos, si esto existe, indicará, lo más probable, que el caudal de los emisores no es el adecuado para el suelo existente, ya que la velocidad de infiltración del suelo es menor a la tasa de descarga del sistema de riego o que se haya generado una compactación del suelo que disminuyo la velocidad de infiltración de agua de este. La solución a esto debe ser cambiar la descarga instantánea de sistema de riego, regular los tiempos de riego de tal forma de determinar en cuanto tiempo comienza a escurrir el agua y realizar una incorporación de materia orgánica o una labor de ruptura del suelo que permita reducir la compactación del suelo.



Imagen 15. Escurrimiento de agua provocada por el riego

8.6. Desarrollo de días de campo

El día jueves 30 de marzo, a las 15:00 horas, en el Fundo Viña del Cerro de la Empresa Frutícola y Exportadora Atacama ubicado en Carretera C35 Km 64, se realizó el primer día de campo, el cual tuvo por objetivo el análisis de los factores externos que afectan el comportamiento de los diferentes portainjertos. Para esto la planificacion incluyó actividades de terreno y presentaciones en sala. A continuación se presenta una breve reseña de los objetivos especificos de la visita a terreno y presentaciones:

-La visita a terreno estuvo a cargo del Sr. Julio Haberland. Se visitó la estación demostrativa San Antonio emplazada en el Fundo Viña del Cerro. Entre los suelos presentes en el campo se encuentran tres fases de la serie de San Antonio. A través de la descripción de una calicata se incentivó la discusión sobre la distribución de raíces, los manejos hídricos y la permeabilidad de los suelos, entre otros. También se identificaron las características de la Serie San Antonio y cómo impacta en la toma de decisiones técnicas.

- Actividad en sala I. "De la macro escala al campo, la relevancia de los estudios agrológicos en uva de mesa" a cargo de la profesional Sra. Yélica Rudolffi R. Se hizo un recorrido desde la información a nivel regional de suelos disponible y la relevancia de caracterizar a nivel de campo. Se hizo hincapié en la conexión entre las descripciones agrológicas de suelos y la interpretación físico química de los mismos. Así por ejemplo, la presentación mostró como la Serie San Antonio que, en general, presenta una secuencia de horizontes de texturas finas, al ser regado por largas horas puede generar, por una parte, condiciones temporales de drenaje restringido, que afectan el desarrollo de raíces y/o la acumulación de elementos como el Boro (de menor movilidad en el suelo).

-Actividad en sala II. "Factores que determinan el comportamientos de las combinaciones variedad/portainjerto" a cargo de la académica Sra. Cecilia Peppi. La presentadora continuó con la discusion mostrando que los diferentes portainjertos son seleccionados para responder a necesidades especificas, como por ejemplo restricciones hidricas, resistencia a plagas o vigor. Una de las temáticas abordadas en terreno y en sala fue detallar el crecimiento normal que poseen los patrones y como se afecta éste por un estrés, indicando que en la unidad demostrativa de San Antonio el crecimiento es anormal y refleja problemas de anoxia radical.

Imagen 16. Actividad en terreno, día de campo 1.



Imagen 17. Actividad en sala, día de campo 1.



El jueves 29 de junio de 2017 se realizaron los días de campo N° 2 y 3, con una convocatoria de inicio a las 10:00 horas. La actividad se ejecutó en el Fundo Amolanas de la Empresa UAC ubicada en Carretera C35 Km 76, donde se encuentra la Unidad demostrativa Amolanas. Se consideró realizar dos días de campo en una sola convocatoria en respuesta al retraso en las actividades de difusión ocurrido por los efectos de las lluvias en la zona. Se determinó que son dos días de campo en consideración a que se trató dos temáticas en sala que fueron distintas, sin embargo, complementarias.

La actividad comenzó con una visita a terreno para la inspección de una calicata dentro del sector de riego

donde se emplaza la Unidad Demostrativa AMOLANAS. Durante este tiempo se fomentó la discusión de los temas más relevantes a visualizar al inspeccionar una calicata en términos del contenido de agua del suelo y desarrollo de raíces. También se reforzaron los conceptos del día de campo anterior.



Imagen 18. Actividad en terreno, días de campo 2 y 3.

La segunda sección se realizó en sala y estuvo a cargo del consultor y ex académico de la Universidad de Chile Carlos Benavides, quien presentó la ponencia "Análisis e interpretación de analítica de suelos con problemas de salinidad del Valle de Copiapó" basado en la analítica de suelo que se levantó durante el estudio de suelo. En esta presentación se discutieron las problemáticas más frecuentes e importantes detectadas.

La tercera y última sección también se realizó en sala y estuvo a cargo del académico y director del programa Julio Haberland, quien presentó la ponencia "Suelos y su efecto sobre la distribución de agua en el perfil" en donde se hizo un recorrido de las situaciones del campo, la valorización y cómo es posible afrontarlas en términos de manejo.



Imagen 19. Actividad en sala. Días de campo 2 y 3.

En anexos digitales se pueden ver invitaciones, programas, presentaciones y listas de asistencia de los días de campo.

El jueves 15 de marzo de 2018 se realizaron los días de campo N° 4 y 5, con una convocatoria de inicio a las 10:00 horas. La actividad se ejecutó en el Fundo Amolanas de la Empresa UAC ubicada en Carretera C35 Km 76, donde se encuentra la Unidad demostrativa Amolanas. Se consideró realizar dos días de campo en una

sola convocatoria en respuesta al retraso en las actividades de difusión ocurrido por los efectos de la temporada de cosecha en la zona. Se determinó que son dos días de campo en consideración a que se visitó 2 de las 3 unidades demostrativas y además, se realizó presentación en sala lo cual permitió reforzar lo visto en terreno, en relación principalmente a los resultados del proyecto.

La actividad comenzó con una visita para verificar los resultados del trabajo en terreno donde se emplaza la Unidad Demostrativa AMOLANAS. Posterior a eso se visitó la Unidad Demostrativa HORNITOS.



Imagen 20. Actividad en terreno, días de campo 4 y 5.

La segunda sección se realizó en sala y estuvo a cargo del académico de la Universidad de Chile Julio Haberland, quien presentó la ponencia "Manejo de riego en Red Globe sobre los patrones Ramsey y Freedom en el valle de Copiapó".



Imagen 21. Actividad en sala. Días de campo 4 y 5.

En anexos digitales se pueden ver invitaciones, programas, presentaciones y listas de asistencia de los días de campo.

El jueves 29 de marzo de 2018 se realizó la actividad de difusión N°6 con una convocatoria de inicio a las 09:00 horas. La actividad se ejecutó en el Centro Cultural de la comuna de Alto del Carmen. Se consideró realizar esta actividad de difusión en reemplazo del último día de campo con el objetivo de masificar los resultados del proyecto. La actividad estuvo a cargo del académico de la Universidad de Chile Julio Haberland, quien presentó los resultados del proyecto.



Imagen 22. Actividad de difusión en Alto del Carmen

En anexos digitales se pueden ver invitaciones, programas, presentaciones y listas de asistencia de los días de campo.

8.7. Desarrollo de aplicación WEB

En este apartado se presenta los resultados del desarrollo de un prototipo de sistema de información sobre la compatibilidad de distintos portainjertos utilizados en vid de mesa con las características físicas y químicas de los suelos en el valle de Copiapó. El objetivo de este sistema de información es poner en acción el conocimiento científico-técnico existente sobre el comportamiento de distintos portainjertos conocidos y los datos acerca de las características de los suelos en un área determinada, para generar una herramienta de aplicación práctica en el contexto del manejo de huertos, fundamentalmente en la etapa de diseño y de diagnóstico de problemas productivos.

Esta herramienta tiene la forma de un sistema web 2.0 que permite a un usuario seleccionar interactivamente un suelo desde un mapa digital montado sobre una ventana de Google Maps, lo que le permite obtener las características de ese suelo que están almacenadas en una base de datos en un servidor y obtener además una lista de portainjertos para vid de mesa que se adaptan a las características físicas y químicas del suelo que ha seleccionado. La selección de portainjertos compatibles con las características físicas y químicas del suelo

elegido se realiza por medio de un sistema experto basado en reglas, el cual permite además entregar al usuario una explicación en lenguaje natural de la selección que se realizó.

Desde el punto de vista del desarrollo, el resultado se considera un prototipo puesto que se trata de un sistema que puede escalarse para cubrir otras áreas geográficas y/o enlazarse con otras herramientas de apoyo en el manejo de huerto. No obstante lo anterior, el sistema tal como se encuentra actualmente ya puede ser utilizado con fines de apoyo a la toma de decisiones en el contexto para el que fue diseñado.

En lo que sigue de este capítulo se describe en detalle las componentes del sistema y los métodos que se utilizaron en su construcción.

Componentes del sistema.

El sistema de información está compuesto por una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), una base de datos digital, un conjunto de scripts y un Sistema Experto.

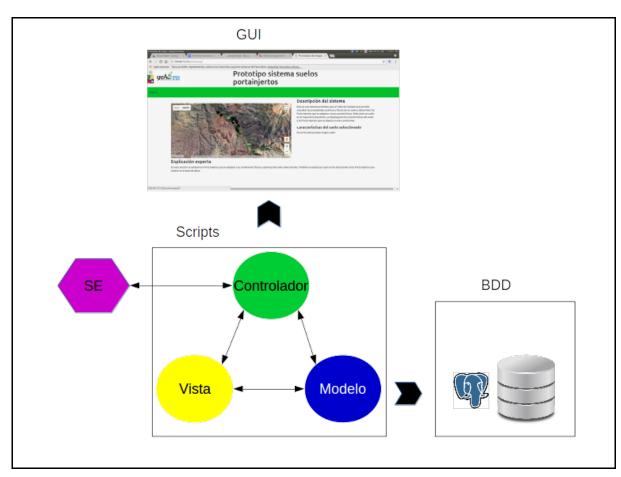


Imagen 23. Esquema de los componentes del sistema.

En este esquema, la Interfaz Gráfica de Usuario corresponde a un medio de comunicación entre el usuario y el resto del sistema. En este caso la GUI está implementada en ambiente WEB 2.0 lo que permite que los usuarios del sistema puedan acceder a él sobre la plataforma Internet utilizando un navegador estándar, sin necesidad de instalar ningún componente adicional en forma local. Adicionalmente, esta configuración hace posible la comunicación bidireccional entre usuarios y sistema, permitiendo así presentar información de manera dinámica e interactiva.

La base de datos digital cumple la función de almacenamiento y recuperación de la información requerida para realizar las tareas del sistema. En particular, se almacena en ella las componentes espaciales y no espaciales de una cartografía de suelos correspondiente al área de estudio de este proyecto, así como las características de adaptabilidad o resistencia de distintos portainjertos a las limitaciones impuestas por las características de suelo. Adicionalmente, esta base de datos almacena algunos datos auxiliares para el funcionamiento del sistema experto y la interfaz de usuario.

Los *scripts* tienen la función de manejar la comunicación entre el usuario y los datos, específicamente capturando las acciones que el usuario realiza por medio de la interfaz de usuario, direccionando las solicitudes del usuario a los distintos escript que solicitan y procesan datos desde la base de datos y devolviendo respuestas a la interfaz gráfica de usuario.

Finalmente, el sistema experto tiene la función de analizar las características de los suelos y los portainjertos disponibles en la base de datos para formular una recomendación en lenguaje natural.

Cabe mencionar que en esta arquitectura todas las acciones de procesamiento de datos e información que son necesarios para cumplir las tareas del sistema se realizan a nivel del servidor donde éste se aloja y no en forma local. Aunque en la etapa actual de desarrollo del sistema su funcionamiento no presenta una gran exigencia de recursos de cómputo, en la medida que el sistema se escale, el procesamiento en un servidor remoto hará posible que cualquier usuario acceda a él, lo que no necesariamente sería posible usando procesamiento local.

A continuación se describen con mayor detalle cada uno de los componentes mencionados anteriormente.

Interfaz Gráfica de usuario.

Como se mencionó anteriormente, la interfaz gráfica de usuario se diseñó para funcionar en internet, de manera que se pueda acceder a ella desde cualquier computador usando un navegador estándar y de manera independiente del sistema operativo.

Imagen 24. Interfaz web sobre un navegador Chrome instalado en SO Linux Ubuntu.



La interfaz es sencilla, pero permite cumplir las funciones requeridas por el sistema. En la parte superior izquierda del área de contenidos se muestra una cartografía de suelos del área de estudio, la que está montada sobre una imágen satelital proporcionada por Google Maps que se utiliza como referencia. Esta cartografía es interactiva, por lo que el usuario puede hacer operaciones de navegación como zoom o paneo. Además puede seleccionar un polígono de suelos dentro de la cartografía.

Cuando el usuario realiza una acción de selección dentro de la cartografía, el sistema muestra las características físicas y químicas del suelo correspondiente al polígono seleccionado, de manera similar a lo que se hace en los software de SIG. Esta información se muestra en una tabla ubicada a la derecha del mapa. Esta tabla es de naturaleza dinámica, de manera que si el usuario selecciona un nuevo polígono, la tabla se refrescará para mostrar los nuevos datos, pero el usuario permanece en la misma página. Lo anterior hace que la interacción con la página sea mucho más sencilla y rápida.

Adicionalmente, cuando el usuario selecciona un polígono dentro del mapa de suelo, el sistema responde con una lista de portainjertos que son compatibles con las características físicas y químicas de ese suelo. Esta lista se presenta en lenguaje natural, señalando además los portainjertos que se descartan y las razones por las que se descartaron. De manera similar a lo que ocurre con la tabla de atributos del suelo, la explicación experta se construye y actualiza de forma dinámica, sin que sea necesario abandonar la página.

La interfaz se desarrolló utilizando HTML5 y Bootstrap 4 como framework, de manera que se puede adaptar al tamaño de pantalla de distintos dispositivos. Para lograr la interactividad el sistema se codificó con la técnica AJAX, que permite las operaciones necesarias para la actualización de la información de la interfaz se realice en el lado del cliente -en este caso el navegador- mientras que se mantiene en comunicación asíncrona con el

servidor, quien proporciona los datos y realiza las operaciones más pesadas, para luego enviarlas al navegador. Los códigos que se ejecutan en lado del cliente se desarrollaron con JQuery y los códigos del lado del servidor en lenguaje PHP 7.0.

Para la presentación de información cartográfica se utilizó la API de Google Maps v3, la cual se configuró para aceptar información externa -en este caso la cartografía de suelos - y para reconocer la actividad del usuario sobre esta información.

Base de datos.

La base de datos digital se construyó siguiendo una estructura relacional y se implementó sobre un gestor PostgreSQL con extensión PostGis para el manejo de información espacial, el cual se encuentra montado sobre un servidor con sistema operativo Linux CENTOS 7, perteneciente a la Universidad de Chile. Esta base de datos contiene la información cartográfica de suelos necesaria para el sistema, los atributos o características de esos suelos y la información que permite caracterizar los distintos portainjertos en relación a su adaptabilidad o tolerancia a las distintas variables físicas y químicas de los suelos.

Además proporcionar los medios para el almacenamiento de datos, el gestor de bases de datos proporciona un medio de recuperación de estos datos mediante el lenguaje SQL, lo que permite la comunicación entre este gestor y el resto del sistema.

Al estado actual de desarrollo del sistema, la base de datos digital es relativamente pequeña y podría haberse reemplazado fácilmente por otros medios de almacenamiento más sencillos. Sin embargo, en la medida que el sistema se escale agregando por ejemplo más mapas de suelos o más portainjertos, el uso de un gestor de base de datos representará una ventaja importante. De hecho, tal y como está configurado el sistema actualmente, podría ampliarse solamente agregando información adicional y sin la necesidad de recurrir a una modificación relevante de ninguno de sus componentes.

Scripts.

Los scripts corresponden a un conjunto de programas cuya función es la comunicación entre la interfaz de usuario y los datos, así como el procesamiento de los datos para dar respuestas a las solicitudes que provienen del lado del cliente. Estos scripts se desarrollaron en lenguaje PHP 7.0, el cual es un lenguaje *interpretado*, vale decir que las instrucciones que se codifica en él están almacenados en textos planos y no compilados. De esta manera se puede entender que el sistema se ha desarrollado con código abierto.

El sistema se codificó siguiendo la estructura Modelo-Vista-Controlador (MVC), lo que permite organizar el código en distintos grupos de tareas estándar. El organizar el código de esta forma asegura por una parte que se pueda construir código reutilizable - lo que es importante cuando se desarrolla una aplicación escalable - y por otra parte facilita que el sistema pueda ser modificado en el futuro, incluso por personas que no participaron inicialmente en su desarrollo.

Tanto la característica de ser de código abierto como el haber organizado los códigos utilizando la estructura MVC responden a la intención de contar con un sistema que pueda ser escalable y que se pueda transferir con mayor facilidad, permitiendo incluso su mejora por terceras personas.

Sistema experto.

Como se mencionó anteriormente, para poder construir una lista de portainjertos que se adaptan a las condiciones del suelo seleccionado por el usuario se debió desarrollar un pequeño Sistema Experto (SE) basado en reglas.

Los sistemas expertos corresponden a sistemas informáticos que permiten imitar el comportamiento de un experto de un dominio determinado ante un problema que no necesariamente se ha planteado de antemano. Este tipo de sistemas se basa en lógica para su operación, lo que permite alcanzar una conclusión mediante inferencia a partir de un conjunto de reglas y de un conjunto de hechos observados.

Una de las principales ventajas de este tipo de sistemas es que permite codificar conocimiento que no tiene expresión matemática en un programa que es legible para un computador, con lo cual es posible 'envasar' el conocimiento experto para que se le pueda utilizar cada vez que se le requiera en la solución de un problema que está dentro del dominio para el cual se le diseñó. Por otra parte, puesto que un SE construye respuestas mediante inferencia lógica, siempre será posible llegar a una conclusión si el problema a resolver contiene todas las variables requeridas, de manera que no es necesario 'almacenar' en el sistema todas las situaciones posibles. Finalmente, puesto que no se utiliza matemática sino lógica, siempre es posible explicar las razones por las cuales el sistema alcanza una determinada conclusión.

Todas estas características de los SE resultan importantes para el sistema que se desarrolló, ya que el conocimiento necesario para formular una recomendación sobre portainjertos para una situación determinada de suelos no está formulada matemáticamente, sino que se trata de observaciones de rangos de adaptabilidad que deben combinarse en cada situación para llegar a una conclusión.

Por otro lado, aunque la combinación de variables que definen la adaptabilidad a un suelo es relativamente pequeña, el número posible de combinaciones de valores de estas variables en los suelos es suficientemente grande como para que no sea viable establecer *a priori* una conclusión para cada caso posible. Sin embargo, como un SE puede llegar a una conclusión válida siempre que se le entregue el conjunto de variables que necesita, si es posible construir un sistema que pueda funcionar fuera del conjunto limitado de casos donde se le desarrolló. Esto es de gran importancia si se espera que el sistema se desarrolle en el futuro y se aplique en contextos geográficos diferentes.

Finalmente, la posibilidad de explicar las conclusiones a las que llega el sistema permite construir una explicación en lenguaje natural, lo que resulta mucho más comprensible para todo tipo de usuario. Aunque este sistema no tiene como objetivo la enseñanza, si es de su interés servir como herramienta para la extensión, de manera que esta característica facilita la transferencia del conocimiento que se ha utilizado para construirlo.

Comúnmente la construcción de un SE es un proceso complejo y requiere de la utilización de lenguajes especiales tales como PROLOG o LISP. Sin embargo, en este caso se trata de un conjunto de reglas relativamente sencillo y se prefirió la construcción mediante código en PHP 7.0, utilizando como apoyo SQL para el manejo de datos.

Desde el punto de vista de la funcionalidad, el diseño de ese SE le permite evaluar los datos que describen las características físicas y químicas de un suelo que están almacenadas en la base de datos e interpretarlas en términos de exigencias para los portainjertos. Posteriormente se analizan los distintos portainjertos que están almacenados en la base de datos, comparándolos con las exigencias del suelo seleccionado. Los candidatos que no cumplen con las exigencias se descartan de la lista que se le presentará al usuario y se almacenan en una lista de portainjertos descartados para la consulta particular, guardando en cada caso la razón por la que se le descarta.

Una vez que se ha obtenido el listado de portainjertos que pueden adaptarse, el SE prepara un informe escrito en lenguaje natural que posteriormente se envía a la página para que pueda ser visualizado por el usuario. Este informe incluye la lista de portainjertos que se han seleccionado para el caso de la consulta y una lista de portainjertos descartados y las razones por las que se le descarta.

Consideraciones finales.

El sistema que se desarrolló se considera un prototipo puesto que opera para algunos suelos que se han levantado en el valle de copiapó y para un listado de portainjertos restringido a aquellos que se utilizan en la zona. Por otra parte, el SE sobre el que se construyen las recomendaciones toma en consideración relativamente pocas variables en comparación con las posibilidades teóricas de parámetros que podrían utilizarse. En consecuencia, es esperable que en la medida que se cuente con mayores antecedentes acerca de la relación entre otros parámetros de suelo con el comportamiento de los portainjertos será posible realizar análisis más precisos y aplicables en distintas áreas geográficas.

No obstante lo anterior, tanto el hecho de que este sistema utiliza un SE como medio de análisis para la formulación de recomendaciones como el haber seguido una estrategia de desarrollo de código abierto y estructurado en un modelo MVC, hacen que sea posible que en la medida en que se cuente con mayor información de suelos y de su relación con el comportamiento de los portainjertos, el sistema pueda adaptarse rápidamente para incorporar esos nuevos antecedentes.

Finalmente, como se menciona en un inicio, aunque debe entenderse que este sistema puede evolucionar en el tiempo para incorporar nuevas capacidades de análisis, es posible utilizarlo actualmente con fines de apoyo a la toma de decisiones en el contexto donde se le desarrolló.

8.8. Realización de seminario de cierre

La actividad de cierre, que contó con la asistencia de 25 personas, se realizó el día 28 de marzo de 2018 en el marco de un seminario denominado "Investigación aplicada en agricultura para la eficiencia hídrica en Atacama". En la instancia se realizó una presentación, adjunta en anexo digital, dirigida por la Sra. Cecilia Peppi donde dio a conocer los principales resultados del proyecto.

En anexos digitales ver presentaciones, listas de asistencia, invitación y programa.

Imagen 25. Fotografías actividad de cierre



9. RESULTADOS / INDICADORES OBTENIDOS

Los resultados comprometidos en el proyecto aprobado son los siguientes:

- TRES unidades demostrativas de combinaciones variedad-portainjerto en huertos existentes en el Valle de Copiapó.
- UNA herramienta, a escala piloto, que permita el cruce de información edafo-climática con los requerimientos para los que están desarrollados los distintos patrones.
- UN informe que contenga pauta de manejo hídrico óptimo para las combinaciones variedadportainjerto estudiadas en tres sitios diferentes del Valle de Copiapó.
- OCHO actividades de difusión y transferencia tecnológica.
- CINCUENTA productores informados y participando en las distintas actividades del proyecto.

En relación al cumplimiento de resultados es importante señalar que se cumplieron en su totalidad.

Durante todo el desarrollo del proyecto se evaluó el grado de avance de la consecución de estos resultados a través de los indicadores de ejecución, eficiencia y eficacia. Ver evaluación a continuación:

Cuadro 20. Indicadores de ejecución

Indicador de ejecución	Fórmula de cálculo	Indicador actual
% de actividades de lanzamiento	100*(n° de actividades realizadas/	100*(1/1) = 100%
realizadas respecto de la meta	1)	
(meta=1)		
% de estudios de suelo realizados	100*(n° de estudios realizados/ 1)	100*(0,75/1) = 100%
respecto de la meta (meta=1)		
% estaciones demostrativas	100*(n° de estaciones	100*(3/3) = 100%
implementadas	demostrativas implementadas/3)	
respecto de la meta (meta=3)		
% de días de campo realizados	100*(n° de días de campo	100*/6/6)-1009/
% de días de campo realizados respecto de la meta (meta=6)	•	100*(6/6)=100%
respecto de la meta (meta-o)	realizados/6)	
% de actividades de cierre realizadas	100*(n° de actividades realizadas/	100*(1/1)=100%
respecto de la meta (meta=1)	1)	

Cuadro 21. Indicadores de eficiencia

Indicadores de eficiencia	Fórmula de cálculo	Indicador actual
% de tiempo dedicado a realizar	100*(30/ n° de días corridos	100*(30/30) = 100%
actividad de lanzamiento respecto	dedicados a desarrollar la	
del tiempo de ejecución programado	actividad)	
(tiempo de ejecución= 30 días)		
% de tiempo dedicado a realizar	100*(90/n° de días corridos	100*(90/360)=25%
estudio de suelo respecto del tiempo	dedicados a desarrollar la	
de ejecución programado (tiempo de	actividad)	
ejecución= 90 días)		
% de tiempo dedicado a implementar	100*(60/n° de días corridos	100*(60/150) = 40%
estaciones demostrativas	dedicados a desarrollar la	100 (00/130) = 40%
respecto del tiempo de ejecución	actividad)	
programado (tiempo de ejecución= 60	detividualy	
días)		
% de tiempo dedicado a caracterizar	100*(360/ n° de días corridos	100*/260/720\ - 50%
los manejos productivos tradicionales	dedicados a desarrollar la	100 (300/720) = 30%
realizados en las unidades	actividad)	
demostrativas respecto del tiempo de	accividud,	
ejecución programado (tiempo de		
ejecución= 360 días)		
% de tiempo dedicado a caracterizar		100*(360/720) = 50%
los manejos productivos nuevos realizados en las unidades	dedicados a desarrollar la	
demostrativas respecto del tiempo de	actividad)	
ejecución programado (tiempo de		
ejecución= 360 días)		
% de tiempo dedicado a realizar días	100*(180/n° de días corridos	100*(180/180) = 100%
de campo respecto del tiempo de ejecución programado	dedicados a desarrollar la	
(tiempo de ejecución= 180 días)	actividad)	
% de tiempo dedicado a realizar		100*(30/30) = 100%
actividad de cierre respecto del		
tiempo de ejecución programado	actividad)	
(tiempo de ejecución= 30 días)		

Cuadro 22. Indicadores de eficacia

Indicadores de eficacia	Fórmula de cálculo	Indicador actual
% de unidades demostrativas implementadas respecto de la meta (meta=3)	100*(n° de unidades demostrativas implementadas/3)	100%
% de herramientas, a escala piloto, que permita el cruce de información edafoclimática con los requerimientos para los que están desarrollados los distintos patrones respecto de la meta (meta=1)	100*(n° de herramientas desarrolladas/1)	100%
% de informes que contengan pauta de manejo hídrico óptimo para las combinaciones variedad-portainjerto estudiadas en tres sitios diferentes del Valle de Copiapó respecto de la meta (meta=1)	100*(n° de informes terminados/1)	100%
% de actividades de difusión y transferencia tecnológica realizadas respecto de la meta (meta=8)	100*(n° de actividades realizadas/8)	100*(8/8) = 100%

10. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es sabido que el manejo agronómico de huertos de vides injertadas es diferente a una planta auto-enraizada, dentro de esto la programación de riego es clave para optimizar su producción. Sumado a ello existe una diversidad edafoclimática en el Valle de Copiapó que lo hace aún más particular, generando la necesidad de estudiar en detalle cada una de las variables que determinaran un manejo optimo del riego.

En la actualidad existen 400 ha de uva de mesa injertadas con portainjertos de origen americano (Harmony, Freedom y Ramsey) que no han dado resultado por diversos motivos, de los cuales la principal problemática ha sido el manejo de la programación de los riegos.

En esta investigación se utilizó la variedad Red Globe sobre tres portainjertos americanos (Ramsey, Freedom y Harmony) en tres sitios de estudio diferentes, ubicados en la Comuna de Tierra Amarilla y manejados con distintos criterios de riego, con la finalidad de maximizar la calidad y productividad de los huertos comerciales.



Imagen 26. Ubicación unidades de estudios

La demanda hídrica del cultivo (ETc) durante todo el desarrollo del proyecto fue disparar (Cuadro 4), debido a las distinta Evapotranspiración de referencia (ETO) de las localidades estudiadas, obtenida por estaciones meteorológica disponible para las localidades (Imagen 27) y al coeficiente de cultivo (kc) obtenido mediante la utilización del área sombreada del cultivo a medido día, determinada por un ceptometro lineal. Los cuales variaron desde 0,1 a 1 entre los estados fenológicos de receso invernal y cosecha.

Cuadro 23. Demanda hídrica del cultivo (ETc) anual para las tres combinaciones del estudio.

Combinación	ETc (mm/año)
Red Globe/Ramsey	1.320
Red Globe/Harmony	1.350
Red Globe/Freedom	1.464

Imagen 27. Estación meteorológicos tipo utilizada.



La mayor demanda generada por la combinación Red Globe/ Freedom se explica por la mayor ETO y el mayor Kc manifestado en los 4 meses de mayor demanda, desde los estados fenológico de floración a cosecha (Cuadro 24). Esto indica necesariamente que el manejo de riego debe ser distinto dada los distintos requerimientos hídricos.

Cuadro 24. ETO, Kc y ETc en los meses de mayor demanda hídrica.

Portainjerto	Mes	ET0 (mm/mes)	kc	ETc (mm/mes)
Ramsey	Noviembre	199	0,8	159
	Diciembre	198	0,9	178
	Enero	177	1	177
	Febrero	151	1	151
Harmony	Noviembre	242	0,7	170
	Diciembre	228	0,8	182
	Enero	205	0,9	185
	Febrero	152	0,9	137
Freedom	Noviembre	218	0,8	174
	Diciembre	203	0,9	183
	Enero	183	1	183
	Febrero	176	1	176

Respecto al tipo de suelo de cada sitio de estudio existieron diferencias del tipo físico y químico, desde el punto de vista de las propiedades físicas del suelo donde se situó la combinación Red Globe sobre Ramsey y Harmony fueron similares con una textura franco arcillosa mientras que para Freedom fue de una textura franca con un 30% de piedras, siendo la primera con mayor capacidad de retención de humedad. Del punto de vista de la condición química del suelo los tres sitios poseían exceso de boro, pero donde se encontraba la combinación Red Globe sobre Harmony el nivel de cloruros y de conductividad eléctrica era excesivo, por tanto, se debe realizar un manejo para disminuir estos niveles.

En base a los antecedentes de demanda hídrica y de suelo antes mencionados se realizaron tres tratamientos de riego en cada unidad de estudio, en los cuales se comparó el manejo de riego que realizaba el campo (T1), un manejo con un 20% más de agua que el T1 aproximadamente (T3) y un manejo de riego analizando información de suelo, de la demanda hídrica más el comportamiento fisiológicos de las plantas con el aporto hídrico, evaluando el potencial hídrico, conductancia estomática y velocidad de flujo de agua por las plantas. En el Cuadro 25 se muestran los tratamientos de riego relacionados con la ETc.

Para realizar los tratamientos de riego se intervino el sistema de riego permitiendo dar autonomía de riego al tratamiento 2, mientras que para lograr un aporte del 20% del agua en T3 se aumentó la precipitación instantánea en esta proporción.

Cuadro 25. Tratamientois de riego para las tres unidades de estudio.

Tratamientos	Ramsey	Harmony	Freedom
T1	115% ETc	73% ETc	172% ETc
T2	101% ETc	102% ETc	108% ETc
Т3	135% ETc	88% ETc	211% ETc

De este cuadro se aprecia que el T2 fue el que repuso el 100% de la demanda hídrica del cultivo, en todas las unidades demostrativas, lo que se tradujo en los resultados productivos señalados en los cuadros a continuación.

Cuadro 26. Diámetro para los 3 tratamientos en los 3 sitios de estudio.

Ensayo	Tratamiento	Diámetro equatorial (mm)
	1	25,0 c
Freedom	2	26,0 a
	3	25,5 b
	1	23,9 a
Ramsey	2	22,6 b
	3	23,3 a
	1	25,1 c
Harmony	2	26,4 a
	3	25,7 b

Cuadro 27. Rendimiento para los 3 tratamientos en los 3 sitios de estudio.

Ensayo	Tratamientos	Rendimiento (cajas 8,2 kg/ha)
	1	3.028 a
Freedom	2	3.222 a
	3	3.233 a
	1	1.564 b
Ramsey	2	2.748 a
	3	1.924 b
	1	2.591 b
Harmony	2	3.281 a
	3	3.033 a

De estos resultados se destaca que los mejores calibres y rendimientos se encuentran en el tratamiento 2, exceptuando el diámetro de obtenido en el ensayo sobre el portainjerto Ramsey, esto se explica por el número de bayas que tenían los racimos y no por la influencia del riego, ya que los tratamientos 1 y 3 poseían menos bayas lo que se traduce en una menor competencia generando un mayor crecimiento de estas, pero a pesar de ello la cantidad de fruta producida, expresada en peso, de estos tratamientos es menor que el tratamiento 1.

En cuanto a la eficiencia del agua de riego expresada en kilogramos de fruta producida por m³ de agua utilizada se observó que en todas las combinaciones estudiadas el tratamiento 2 fue el más eficiente (Cuadro 28).

Cuadro 28. Eficiencia del uso del agua (EUA) en los 3 tratamientos en los 3 sitios de estudio.

Ensayo	Tratamientos	EUA (kg/m³)
	1	3,0 b
Freedom	2	5,1 a
	3	2,5 b
	1	1,7 b
Ramsey	2	3,8 a
	3	1,7 b
	1	6,1 b
Harmony	2	7,0 a
	3	6,2 b

Los resultados mostrados ratifican que un manejo de riego deficiente repercute directamente en la calidad y rendimiento comercial, siendo más importante que la elección del portainjerto. Por tanto, para maximizar la producción y la calidad se debe realizar un manejo adecuado del riego para ello es necesario tener como antecedentes todas las variables que lo involucran la programación del riego, como los son; la demanda hídrica del cultivo, el tipo de suelo del punto de vista físico y químico, el desarrollo del cultivo y la operación del sistema de riego.