



**SERVICIO DE PROGRAMACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL
USO DEL AGUA DE RIEGO, SEPOR**

**ÁREAS REGADAS DEL RÍO CACHAPOAL, (2^a
SECCIÓN), VI REGIÓN, Y MAULE NORTE Y
LONGAVÍ, VII REGIÓN**

ANEXOS INFORME FINAL

2010

**Centro de Investigación y Transferencia en Riego y
Agroclimatología (CITRA)
Universidad de Talca**

ANEXO 1

Actas reuniones del Comité Asesor

ACTA DE LA PRIMERA REUNIÓN DEL COMITÉ ASESOR DEL SEPOR

En Talca, con fecha 18 de junio de 2007, en las dependencias del Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología – CITRA, se realizó la Primera Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:10 hrs.

Asistieron:

Sr. Hugo Chacón C. – Comisión Nacional de Riego, Región del Maule
Sr. César González P. – Comisión Nacional de Riego, Santiago
Sr. Edison Araya S. – Gerente de la Junta de Vigilancia Río Longaví
Sr. Wilibaldo Bravo S. – Gerente General Junta de Vigilancia Asociación Canal Maule
Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Junta de Vigilancia Asociación Canal Maule
Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.
Sr. Eugenio Rodríguez H. – Director alterno proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.
Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Excusas:

Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal, por encontrarse con licencia medica por enfermedad. No envió representante.

Tabla:

Establecer Actividades a realizar por el proyecto SEPOR.
Presentar los avances a la fecha
Discutir tema de contrato a comodato entre la U. de Talca y las asociaciones
Presentar el problema de la contratación de seguros.

Intervenciones:

El Sr. Samuel Ortega informó que a la fecha las EMAs están listas para ser instaladas, pero al no haber un acuerdo referente al contrato de comodato entre la U. de Talca y las asociaciones, no puede aun realizarse esta actividad.

El Sr. César González procedió a dar lectura al Borrador del Contrato de Comodato, donde se realizaron las correcciones a este documento, de acuerdo a las observaciones de los asistentes, las cuales serán revisadas a la brevedad tanto por el Asesor Jurídico de la U. de Talca, como por el Fiscal de la CNR.

El Sr. Edison Araya solicita la firma de un convenio de colaboración entre las Juntas de Vigilancia y el proyecto. La CNR va a evaluar este punto.

El Sr. Samuel Ortega solicita el apoyo a las comunidades de regantes y a la SEREMI para que se involucren en esta iniciativa.

El Sr. Wilibaldo Bravo solicita al Sr. Samuel Ortega que presente el proyecto SEPOR al directorio de la Junta de Vigilancia del Canal Maule para ver si se puede conseguir más apoyo. Además propuso que se organice una mesa del agua para la región del Maule.

Se acordó solicitar a INDAP que se involucre más al proyecto SEPOR. Al respecto, las Juntas de Vigilancia van a solicitar una reunión con la dirección de este organismo, para manifestar sus inquietudes.

Otra propuesta fue solicitar a INDAP que aporte recursos para la contratación de profesionales que estén a disposición del proyecto, de manera de apoyar a los regantes en la transferencia del SEPOR.

El Sr. Edison Araya solicita que se le envíe la lista de los profesionales de la U. de Talca que integran el equipo de trabajo del SEPOR.

Acuerdos:

En relación al contrato de comodato referido en el punto anterior, se acordó que la U. de Talca defina los siguientes puntos:

1. Especificar en el contrato la cláusula del traspaso a las asociaciones de regantes de los bienes cedidos en comodato por la universidad luego de tres años.
2. La instalación, mantención, reparación, montaje y soporte técnico de las EMAs será de carácter gratuito para las asociaciones de regantes y será prestado por el CITRA de la U. de Talca.
3. La instalación y mantención en óptimas condiciones de la empastada y el cierre del lugar donde se instalarán las EMAs será de responsabilidad de las asociaciones de regantes.
4. Las organizaciones de regantes se comprometen a velar por la seguridad, cuidado y vigilancia de los equipos cedidos en comodato. Además existe acuerdo de las partes que la seguridad y responsabilidad sobre los equipos cedidos en comodato recae en ellos. No se presentaron objeciones a la cláusula del contrato donde se señala: *El comodatario será responsable por cualquier perjuicio provocado por el daño o pérdida de los bienes cedidos en comodato, según el valor especificado en la Cláusula Primera del presente contrato. La pérdida o deterioro, parcial o total del bien, obliga al comodatario a su restitución por uno nuevo, en un plazo de 60 días.*
5. Se acordó fijar una reunión informativa con INDAP, para solicitar apoyo a esta iniciativa. Al respecto se elaborará una propuesta de trabajo que será presentada ante ellos y la SEREMI.
6. Se propone organizar un símil a la mesa de agrometeorología que se realizó en la Región de O'Higgins. Se propuso al Sr. Hugo Chacón como coordinador de esta mesa.
7. Se acordó usar e-mail con copia a los integrantes de la U. de Talca, Juntas de Vigilancia y CNR, para informar de cualquier actividad o acuerdo que se tome.
8. La próxima reunión del Directorio del SEPOR se realizará en el mes de Noviembre del presente año, en la Junta de Vigilancia del Río Longaví.

Se cerró la sesión de esta reunión a las 13:15 hrs.

ACTA DE LA SEGUNDA REUNIÓN DEL COMITÉ ASESOR DEL SEPOR

En Parral, con fecha 27 de diciembre de 2007, en las dependencias de la Junta de Vigilancia del Río Longaví, se realizó la Segunda Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:20 a.m.

Asistieron:

Sr. César González P. – Comisión Nacional de Riego, Santiago

Sr. José Vial. – Comisión Nacional de Riego, Santiago

Sr. Máximo Corre. – Presidente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Edison Araya S. – Gerente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Wilibaldo Bravo S. – Gerente Asociación Canal Maule

Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Asociación Canal Maule

Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Excusas:

Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal, por encontrarse con licencia medica por enfermedad. No envió representante.

Tabla:

Lectura Acta reunión N°1

Presentar los avances a la fecha

Discutir principales problemas

Establecer lineamientos de trabajo

Intervenciones:

El Sr. Marcos Carrasco procedió a la lectura del acta anterior. Se revisaron los principales puntos acordados. Se aprobó y discutieron los puntos referentes a la búsqueda de vínculos entre el SEPOR e INDAP.

El Sr. Edison Araya manifestó que hubo reuniones con INDAP, tanto a nivel regional como en Santiago y no manifestaron interés en apoyar este proyecto, debido a trabas administrativas.

El Sr. Samuel Ortega indicó que tuvo reuniones con CORFO de la región de O'Higgins y que se había ofrecido la propuesta de generar proyectos que complementarían a nivel regional, el desarrollo del SEPOR.

Se discutió acerca de la posibilidad de reactivar la realización de una mesa agroclimática en la región del Maule y que se le pediría al Sr. Hugo Chacón su colaboración en la organización.

El Sr. César González indica que ahora es un buen período para reiniciar conversaciones con INDAP, pues ellos tienen un plan de operaciones anual.

El Sr. Wilibaldo Bravo indicó que los productores le han solicitado información respecto a los resultados del SEPOR esta temporada.

Investigación en Riego:

El Sr. Edison Araya pidió incluir dentro de los cultivos para investigación al maíz de grano y al manzano. Indicó además que le ha sido muy complicado encontrar productores con semillero de maíz. Expuso que el principal problema de encontrar productores pequeños con este último cultivo es que ellos se encuentran imposibilitados técnicamente para llevar a cabo los semilleros de maíz.

El Sr. Samuel Ortega sugiere la idea de hacer un proyecto INNOVA para mejorar el riego en tomate industrial mediante la implementación de cintas de riego. Indicó que esta metodología ha sido desarrollada por investigadores Israelitas y que ha dado buenos resultados. Además se comprometió en traer en el mes de Mayo a traer una persona que presente este sistema. Al respecto el Sr. Wilibaldo Bravo manifestó su interés por tomar esta iniciativa.

En general se discutió las diferentes posibilidades de realizar proyectos complementarios que permitan apoyar el buen desarrollo del SEPOR.

Se discutió entre otros temas lo siguiente:

1. Sistemas UAR

Se discutió acerca del desempeño del sistema de bases de datos on-line y de los principales inconvenientes presentados en su marcha. Al respecto se señaló lo siguiente:

1.1. Representantes Canal Maule: el Sr. Cristián Beas indicó que los cierres perimetrales de las 4 EMAs correspondientes a su asociación se encuentran pintadas de blanco. Además manifestó que sólo 3 de las 4 tienen la cubierta de pasto solicitada para las condiciones de referencia y que se espera tener la cuarta con pasto a la brevedad.

En relación acerca del acceso a los datos, manifestó que no ha tenido inconvenientes de acceder al sistema por Internet.

1.2. Representantes Junta de Vigilancia Río Longaví: Señaló que las dos de las EMAs se encuentran en referencia y pintadas. La tercera, que proviene del cambio desde Rancagua, será pintada a la brevedad.

Con respecto a los datos, indicó que acceda a ellos sin mayores inconvenientes y que está viendo la forma que sus agricultores puedan acceder a la información en forma expedita. Le

preocupa que la información llegue en tiempo real al celular. Además en su junta se ha capacitado a las secretarías para que se conecten y descarguen los datos diarios.

Al respecto el Sr. César González manifestó su aprehensión al uso de la información por parte de las asociaciones y que se produzca un cuello de botella.

2. Capacitación

Los representantes de ambos grupos manifestaron que sería importante hacer cursos de capacitación diferenciados en la entrega de la información.

El Sr. Samuel Ortega señala que en agrometeorología se podría hacer un manual básico orientado a los productores.

El Sr. Cristian Beas indica que en términos de capacitación, sería importante citar a una reunión con los dirigentes de las asociaciones para presentar el proyecto.

3. Días de Campo

Se propuso la idea de involucrar a agricultores líderes y presidentes de comunidades de agua para que haya una mayor convocatoria. Se propuso reorientar este punto, y hacerlos dirigidos hacia líderes y presidentes de asociaciones.

4. Programación del Riego

El Sr. César González manifestó su preocupación de que no se alcancen las metas propuestas por el proyecto inicialmente. Básicamente considerando la cantidad de agricultores a los que se quiere llegar durante el primer año. Se sugiere una reunión de urgencia para discutir el tema con la Comisión Nacional de Riego.

El Sr. Samuel Ortega señala que se ha planificado la programación del riego en dos niveles:

1. Nivel básico: para agricultores con infraestructura escasa.
2. Nivel avanzado: para agricultores que puedan asegurar riegos en caso de recomendaciones.

Se plantea en conjunto por los asistentes, disminuir la cantidad de productores para la programación.

Acuerdos:

Se estableció que a futuro se realicen reuniones trimestrales (4) para la discusión de temas y dudas acerca del proyecto.

El CITRA compromete desarrollar, con el apoyo de los beneficiarios, otras iniciativas para complementar el SEPOR. Al respecto realizará 1 charla informativa y 1 propuesta técnica el año 2008.

Con respecto a los cultivos mencionados en el SEPOR, se acordó para Longaví:

1. Eliminar el tomate industrial y maíz semillero para investigación.
2. Agregar maíz grano y manzano
3. Continuar con arándano

En el caso de manzano, solamente se realizará monitoreo por esta temporada.

En cuanto a Canal Maule, se acordó realizar ensayos en:

1. Manzano
2. Tomate industrial
3. Maíz semillero
4. Viña

En el caso de la programación de riego incluir arandino y viña.

En relación a la programación del riego:

1. Se planteó reformular la cantidad de productores asistidos por temporada, disminuyéndola. Se sugiere un total de 15 agricultores para Canal Maule y Longaví y disminuir los de Cachapoal. Esto se evaluará en conjunto con la CNR y la 2a Sección del Cachapoal. Al respecto el Sr. César González se comprometió a conversar con la dirigencia de Cachapoal para evaluar la alternativa.

El Sr. Samuel Ortega indica que se enviará a las asociaciones, copias de los informes técnicos del SEPOR.

Se acuerda que la próxima reunión será en las dependencias de Canal Maule en Talca.

Se cerró la sesión de esta reunión a las 13:35 hrs.

ACTA DE LA TERCERA REUNIÓN DEL COMITÉ ASESOR DEL SEPOR

En Talca, con fecha 06 de junio de 2008, en las dependencias de la Junta de Vigilancia del Canal Maule, se realizó la Tercera Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:30 a.m.

Asistencia

Sr. Héctor Jeria Comisión Nacional de Riego, Santiago
Sr. César González P. – Comisión Nacional de Riego, Santiago
Sr. Máximo Correa. – Presidente de la Junta de Vigilancia Río Longaví
Sr. Edison Araya S. – Gerente de la Junta de Vigilancia Río Longaví
Sr. Wilibaldo Bravo S. – Gerente Asociación Canal Maule
Sr. Manuel González. – Junta de Vigilancia Canal Maule
Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Asociación Canal Maule
Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal
Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.
Sr. Eugenio Rodríguez H. – Director alternativo proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.
Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Excusas:

Sr. Hugo Chacón – Comisión Nacional de Riego Regional.

Tabla

Lectura Acta reunión N°2

Presentar los avances a la fecha

Discutir principales problemas

Establecer lineamientos de trabajo

Intervenciones

El Sr. Samuel Ortega presenta los principales avances del proyecto SEPOR, incluyendo un diagnóstico de los principales problemas presentados y las cosas que se encuentran pendientes de solucionar.

El Sr. César González comenta acerca de otros proyectos para la instalación de EMAs alternativos al SEPOR. La idea es tomar contacto con INDAP de la región del Maule y O'Higgins para plantear puntos de conversación con el SEPOR, de manera de que exista la posibilidad de establecer proyectos complementarios.

Se discute acerca del problema presentado esta temporada con las condiciones de referencia de las EMAs. En la mayoría de los casos no se cumplió y se acuerda que haya una mejor vigilancia y coordinación de esto, entre las asociaciones de regantes y el equipo técnico del SEPOR.

El Sr. Sergio Jerez solicita que cuando el equipo del CITRA vaya a terreno se coordine con ellos para acompañar la visita, de manera de tener una mejor comunicación.

El Sr. Héctor Jeria sugiere que las asociaciones sean las que velen por el buen mantenimiento de las EMAs. Solicita al equipo CITRA que se les realice una capacitación en la mantención de estos equipos en terreno, de manera que ellos mismos puedan apoyar la buena operación de los equipos.

El Sr. Samuel Ortega manifiesta que como compromiso del CITRA, se avisará a las asociaciones cada vez que los asesores acudan a terreno, para que ellos envíen un representante que acompañe al equipo de trabajo y sean capacitados in situ.

Ante la posibilidad de extender la red de EMAs gracias al aporte de otros proyectos y las limitaciones técnicas de transmisión de los equipos Adcon de poder funcionar sólo en lugares con cobertura de telefonía celular, el Sr. Héctor Jeria sugiere que se averigüe con la

DGA, acerca de los equipos de transmisión satelital que ellos manejan, para ver si es posible complementar las comunicaciones.

El Sr. Wilibaldo Bravo comenta que se realizó un seminario sobre cambio climático presentado por el CITRA al cual asistieron alrededor de 120 productores del Canal Maule.

El Sr. Edison Araya comenta acerca de la experiencia del primer año del SEPOR para ellos como Junta de Vigilancia del Río Longaví. Manifiesta que algunos productores bajaron el consumo de energía gracias a la asesoría en riego.

El Sr. Héctor Jeria explica por qué el SEPOR no ha funcionado al 100% y esto debido a que los recursos disponibles para la parte técnica del proyecto no han sido suficientes para financiar un equipo de trabajo más grande. Señala que se espera resolver este problema a través de un proyecto que permita inyectar fondos a la transferencia tecnológica mediante una licitación. Además indica que cada uno de los agricultores líderes que participan en el proyecto en el largo plazo deberían transformarse en transferencistas del programa. El objetivo es que a través de estos agricultores líderes se produzca la difusión del programa. Además se busca que cada agrupación de regantes y canalistas pudiesen establecer su propio equipo técnico que sea apoyado por el SEPOR. Agrega además que habría que ver la posibilidad de generar proyectos para los productores que no tienen riego tecnificado de manera de financiarles la tecnificación y posterior optimización del riego a través del SEPOR.

Material divulgativo SEPOR

Se presenta el problema que el CITRA no ha cumplido con el material como cartillas y boletines, debido a las críticas al material presentado de ser demasiado académico. Al respecto el Sr. Héctor Jeria señala que habría que distribuir:

1. Cartillas técnicas de divulgación.
2. Hacer material más simple, como por ejemplo un díptico informativo.

El Sr. Willibaldo manifiesta su discrepancia con este punto, pero señala que sería bueno ser asesorado por un especialista en comunicación, como por ejemplo un periodista. De acuerdo a la experiencia que tienen ellos como asociación, cuando han tenido que elaborar material de divulgación ha sido lo más conveniente.

El Sr. César González sugiere que se levante un perfil del tipo de productores para la transferencia tecnológica.

El Sr. Máximo Correa indica que en general todos los productores de la Junta de Vigilancia del Río Longaví están a un nivel de pequeño productor.

El Sr. Samuel Ortega compromete que el desarrollo de las cartillas será de acuerdo al perfil de los productores.

Investigación en Riego

El Sr. Samuel Ortega presenta los principales problemas que se encontraron durante la temporada para el correcto desarrollo de los ensayos de riego.

Al respecto, el Sr. Edison Araya pide que para la próxima temporada se incorporen los cultivos de manzano y maíz de Parral.

Programación del Riego

El Sr. Samuel Ortega presenta los principales resultados y problemas que se encontraron durante la temporada para el servicio de programación del riego. Indica que de acuerdo a los cálculos del CITRA, un profesional tendría capacidad de atender bien a un máximo de 40 productores al mes, por lo que en términos operacionales el proyecto ha superado la capacidad operativa del CITRA.

Capacitación

El Sr. Samuel Ortega presenta la propuesta que se ha acordado en conjunto con la CNR para incorporar 1 persona por grupo de trabajo al Diplomado de Riego Tecnificado que dicta la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca. Al respecto los Sres. Edison Araya y Cristian Beas participarán representando a la Junta de Vigilancia del Río Longaví y a la Asociación Canal Maule, respectivamente. En el caso de La Segunda Sección del Río Cachapoal, el Sr. Sergio Jerez indicó que no tenía a nadie que pudiese ocupar esta opción.

Otros

El Sr. Edison Araya indicó que ellos como asociación realizaron gestiones con INDAP para conformar una mesa agroclimática pero el tema no prosperó.

El Sr. Wilibaldo comenta que ellos como asociación están distribuyendo la información generada por el SEPOR a los productores que la solicitan y que este sería el momento de ver la posibilidad de incorporar a otros productores más grandes que pudieran proporcionar más estaciones o bien invertir en equipos para incrementar la red. Señala por ejemplo que otras asociaciones como Melado, Longaví y Melozal necesitan apoyo de una iniciativa como el SEPOR.

El Sr. César González manifiesta que es una buena opción que existan más productores que se quieran sumar a la red de EMAs. Además, en base a que no todas las EMAs presentaron condiciones de referencia, lo que es un requerimiento explícito para estimar la ETr, sugiere que esta temporada se tome una decisión definitiva acerca de la ubicación de estos equipos.

El Sr. Hector Jeria sugiere que cada asociación tenga un catastro de los productores que tienen otras EMAs y de cuales serían compatibles con la red del SEPOR.

El Sr. Sergio Jerez pide nuevamente que se coordine mejor la comunicación entre el equipo de trabajo del SEPOR y las diferentes asociaciones.

El Sr. Manuel González señala que la Junta de Vigilancia del Canal Maule está viendo la posibilidad de ingresar al sistema SEPOR. Al respecto indica que tal vez puedan presentar un proyecto el próximo año para la compra de EMAs. César González le manifiesta que acuerden otra reunión entre ellos para ver la posibilidad.

El Sr. Edison Araya solicita que las reuniones del comité del SEPOR sean más periódicas, al respecto el Sr. Samuel Ortega señala que el CITRA está disponible para reuniones las veces que lo estimen conveniente.

Acuerdos

Se acuerda que la próxima reunión será tentativamente el 1ero de agosto en las dependencias de la 2ª Sección del río Cachapoal.

En la medida que se acerque la temporada agrícola se deberá tener más reuniones de trabajo del comité.

Se cerró la sesión de esta reunión a las 13:45 hrs.

CUARTA REUNIÓN COMITÉ ASESOR SEPOR

Acta

En Talca, con fecha 01 de septiembre de 2008, en las dependencias del CITRA de la Universidad de Talca, se realizó la Cuarta Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:30 a.m. Se debe aclarar que esta acta es preliminar y que debe ser aprobada por los diferentes integrantes de éste.

Asistencia

Sr. Héctor Jeria Comisión Nacional de Riego, Santiago

Sr. Máximo Correa. – Presidente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Edison Araya S. – Gerente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Wilibaldo Bravo S. – Gerente Asociación Canal Maule

Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Asociación Canal Maule

Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal

Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Eugenio Rodríguez H. – Director alterno proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Alejandro Acevedo P. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Tabla

Lectura Acta reunión N°3

Presentar los avances a la fecha

Discutir principales problemas

Establecer lineamientos de trabajo

Se lee el acta anterior y se aprueba, con las siguientes modificaciones:

1. El Sr. Samuel Ortega solicita agregar del acuerdo unánime tomado en la sesión anterior donde se señala que el CITRA iba a pagar parte del diplomado de riego que dicta la Universidad de Talca, con los recursos destinados a las actividades de capacitación del SEPOR para este año. Al respecto se indica que esta actividad reemplazará 2 actividades de capacitación planificadas para este año.
2. Agregar en el acta anterior que ésta había sido aprobada.

Intervenciones

El Sr. Héctor Jeria informa acerca de la apertura de la licitación de un fondo para apoyo a la transferencia tecnológica del SEPOR (programa complementario). Al respecto, indica que pronto se abrirá la licitación en ChileCompra.

El Sr. Samuel Ortega sugiere que se retomen las conversaciones con el INDAP, a nivel nacional. Al respecto, se discute por parte de los asistentes sobre el tema. La idea es complementar la transferencia tecnológica a través de esta institución.

Por otro lado informa que se está preparando una propuesta para que Maule Sur se integre al SEPOR el próximo año. Indica además que una empresa productora de berries ha manifestado sus intenciones de comprar una estación meteorológica para incorporarla a la red del SEPOR. Al respecto, comentó que en una visita realizada a Linares para la realización de un seminario abrió la inquietud de parte de los regantes, quienes están buscando fuentes de financiamiento a través de CORFO y se está haciendo un levantamiento para buscar un proyecto complementario.

Además comenta que la Federación de Juntas de Vigilancia de la VI región están informados acerca del SEPOR, al respecto, el Sr. Alejandro Acevedo informa que en esta zona se ejecutó un programa de transferencia tecnológica a través de un NODO de CORFO y que se ha divulgado esta iniciativa a través de Graciela Correa. Finalmente, el Sr. Samuel Ortega señala que gracias al SEPOR se están generando varias iniciativas que podrían ser complementarias al proyecto.

Dentro de las propuestas para esta nueva temporada, el Sr. Samuel Ortega informa que se han hecho mantenimiento a las estaciones meteorológicas, con capacitación de los beneficiarios.

Al respecto el Sr. Edison Araya, indica que el SEPOR ha sido débil en la transferencia tecnológica y que los fondos del proyecto complementario señalados anteriormente serán un apoyo importante para lograr este objetivo. Además manifiesta que la Junta De Vig. Del Río Longaví no está interesada en que la propuesta del proyecto complementario para la transferencia sea adjudicada a otro consultor, pues se han generado lazos de confianza con el CITRA, por lo que sugiere que las diferentes asociaciones de regantes partícipes del SEPOR generen cartas de apoyo para que el CITRA sea quien realice las actividades de transferencia.

También señala que ellos como asociación, necesitan crear un departamento de riego. La idea es que se genere un trabajo más vinculado con los regantes, pues en el caso de sus productores, el vínculo de confianza es importante y hay que considerar que el proceso de transferencia es lento. Al respecto, el Sr. Máximo Correa señala que sería tiempo que cada organización de regantes contratara un profesional que se dedique a la programación del riego y que se capacite mediante el SEPOR. Además manifiesta que es importante tener transferencia tecnológica todo el tiempo. Finalmente, el Sr. Edison Araya indica que una de las principales debilidades del SEPOR es que no hay una persona constantemente en la zona, durante todo el tiempo.

El Sr. Héctor Jeria indica que es necesario que cada asociación de regantes suministre un profesional dedicado para el riego y que esté en permanente contacto con el CITRA, como una contraparte y un nexo entre los productores y el CITRA. Además señala que las intenciones del fondo complementario es dedicar todos los recursos a la transferencia tecnológica y no a investigación.

En relación a lo anterior, el Sr. Samuel Ortega sugiere que se haga un acuerdo de cooperación con cada una de las organizaciones de regantes. Manifiesta que se deben buscar alternativas para el financiamiento de un profesional localizado en cada una de las organizaciones de regantes.

El Sr. Alejandro Acevedo indica que de acuerdo a su experiencia, no se pueden ver más de 6 o 7 productores por día.

El Sr. Samuel Ortega indica que si se pudiera trabajar a través de los SAT de INDAP, el impacto de la transferencia tecnológica subiría.

Al respecto, el Sr. Sergio Jerez señala que INDAP tiene limitaciones para llegar a los productores y que ellos como asociación no serían capaces de financiar un profesional para el riego. Por lo anterior manifiesta que en su caso, habría que evaluar alternativas.

El Sr. Héctor Jeria indica que es importante concentrar la transferencia en los productores líderes y que el SEPOR debe actuar como un núcleo integrador de las diferentes partes.

El Sr. Samuel Ortega comenta que se está preparando un convenio marco entre la Junta de Vig. Del Río Maule y la Universidad de Talca. Además señala que se va a consultar a las diferentes asociaciones de regantes del SEPOR para hacer lo mismo.

El Sr. Marcos Carrasco hace una presentación del estado de las diferentes UAR del proyecto, donde se presenta el estado actual de la empastada y los resultados de las visitas de revisión. Con respecto a la empastada y las condiciones de referencias requeridas, el Sr. Cristian Beas indica que ellos van a supervisar en forma más estricta el cumplimiento de estas exigencias en su área de influencia.

Con respecto a la difusión, el Sr. Samuel Ortega, señala que en la publicación del suplemento Agrocentro del Diario El Centro, se hizo un reportaje del SEPOR, donde se

omitió información. Al respecto indica que el periodista cortó la entrevista original y que no le informó.

Por otro lado, solicita apoyo al comité para ver la posibilidad de difundir el SEPOR mediante avisos en las radios y televisión locales. Al respecto, el Sr. Sergio Jerez se compromete a hacer los contactos en su zona.

Por ultimo, se discute nuevamente la posibilidad de enviar la información agroclimática por celular, mediante mensajes de texto. Al respecto el Sr. Hector Jeria indica que hay un especialista en comunicaciones en la CNR, al que se le podría contactar. El Sr. Edison Araya indica que se podría hacer algo con IANSA.

Conclusiones

Se cierra la reunión a las 13:30 hrs. Se acuerda que la próxima reunión del comité SEPOR en Cachapoal.

QUINTA REUNIÓN COMITÉ ASESOR SEPOR

Acta

En Doñihue, con fecha 29 de Julio de 2009, en las dependencias de la Junta de Vigilancia de la 2ª Sección del Río Cachapoal, se realizó la Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:30 a.m. Se debe aclarar que esta acta es preliminar y que debe ser aprobada por los diferentes integrantes de éste.

Asistencia

Sr. César González – Comisión Nacional de Riego

Sr. Máximo Correa – Presidente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. José López – Funcionario de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Asociación Canal Maule

Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal

Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Alejandro Acevedo P. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Excusas:

Sr. Héctor Jeria– Comisión Nacional de Riego

Sr. Edison Araya– Gerente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Tabla

Lectura Acta reunión anterior

Presentar los avances a la fecha

Discutir principales problemas

Establecer lineamientos de trabajo

Se lee el acta anterior y se aprueba sin observaciones.

Intervenciones

Varios

El Sr. Samuel Ortega señala que sostuvo una reunión con el INDAP de la Región del Maule con el jefe zonal y que se va a firmar un convenio para certificar a los ingenieros agrónomos de los SAT que realizan asesorías en riego. Además manifestó que el INDAP podría financiar a agricultores para que adquieran computadores, pero primero se requiere de capacitación. Se estima que en la región del Maule hay entre 60 a 70 Ing. Agr. Trabajando en transferencia en riego. La idea es empezar a partir de Enero. Además señala que en la actualidad INDAP está promocionando un programa de alfabetización digital para productores y los principales cultivos de sus productores son; frambuesa, arándano y frutilla. Además solicita apoyo para establecer estos mismos contactos en la región de O'Higgins. Al respecto, el Sr. Cristian Beas comenta respecto a los problemas que han tenido anteriormente con el INDAP respecto a esta temática.

El Sr. Máximo Correa sugiere que INDAP pueda entrar a las organizaciones de agua oara generar alternativas de financiamiento para estas iniciativas.

El Sr. César González sugiere replicar esto con INDAP de la región de O'Higgins. El Sr. Sergio Jerez solicita a Sr. Ortega que le envíe los términos del convenio y que lo apoye para coordinar una actividad similar en Doñihue.

El Sr. Samuel Ortega informa que se presentó un proyecto Innova de interés público de características similares al SEPOR con el Canal Maule Sur. Además comenta que dada la motivación por el SEPOR, la empresa Frucol de Colbún, adquirió una EMA, la instaló y se les hizo el servicio de programación de riego a los agricultores asociados, que son productores de frambuesa. Además informa que está en preparación de un proyecto de conectividad rural para presentarlo a Corfo.

El Sr. César González comenta que está viendo con la Dirección General de Aguas que se de un paso significativos al enviar al telefono celular recomendaciones de programación del riego.

El Sr. Sergio Jerez informa que en Doñihue se va a activar un proyecto de conectividad rural a través de las comunidades de agua potable rurales (WI-FI). Esto permitirá mejorar el acceso a la información de las EMAs.

El Sr. Samuel Ortega señala que el CITRA ha sido invitado a participar a un proyecto NODO en Casablanca. Informa además que la Universidad de Talca ha establecido un convenio de cooperación con la Junta de Vigilancia del Río Maule. Además señala que el SEPOR está en condiciones de enviar información por celular a través de mensajes de texto. Al respecto indica que Frucol solicitó este servicio para el monitoreo de heladas. Se comprometió a realizar pruebas preliminares respecto al funcionamiento de esta herramienta.

El Sr. César González ofrece el apoyo de la CNR para apoyar iniciativas como las anteriormente señaladas.

El Sr. Sergio Jerez habla de la mesa de agua limpia y que el consejo del Río Cachapoal vio que existe la necesidad de poner una red de EMAs. El señala que esperan este proyecto sea complementario al SEPOR. Al respecto el Sr. Cristian Beas indica que en la región del Maule se quiere hacer una mesa de agua que permita integrar iniciativas, pero que aun no se ha concretado.

Transferencia del SEPOR

El Sr. Máximo Correa señala que uno de los puntos débiles del SEPOR es que no existe claridad del proyecto a los usuarios, una vez que este finalice.

Respecto a los puntos anteriores, el Sr. César Gonzalez solicita al CITRA una valorización del servicio de telefonía celular con los datos de programación del riego y ver si la próxima reunión se puede entregar un presupuesto. Además solicita que se tenga valorado el SEPOR en general para cuando el financiamiento de la CNR termine.

El Sr. Sergio Jerez plantea que no puede acceder a la totalidad de las estaciones en red de la zona de la 2ª Sección del Cachapoal. Esta situación será resuelta a la brevedad. Por otra parte plantea que las capacitaciones sean más intensivas en cuanto al mantenimiento y operación de las EMAs, de manera que los funcionarios de las organizaciones puedan involucrarse más. Respecto al financiamiento de operación de la red de EMAs, sugiere que cada organización vea particularmente como financiarla.

El Sr. Máximo Correa dice que esto ser financiado por los productores para aumentar el impacto y que ellos se sientan más involucrados.

Conclusiones

Se sugiere que las reuniones próximas sean mensuales. Además por ubicación geográfica, se pide que la siguiente sea en Curicó y que cada uno costee su alimentación. El Sr. Alejandro Acevedo será el coordinador.

La fecha tentativa es el día miércoles 2 de septiembre. La hora puede ser a las 11:30h.

Para la próxima reunión, se consideren los siguientes puntos:

1. ver descarga de datos desde celular
2. estructura de costos del proyecto

Se cierra la reunión aproximadamente a las 13:30 hrs.

SEXTA REUNIÓN COMITÉ ASESOR SEPOR

Acta

En Curicó, con fecha 30 de septiembre de 2009, en las dependencias de la Universidad de Talca, campus Los Niches – Curicó, se realizó la Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:40 a.m. Se debe aclarar que esta acta es preliminar y que debe ser aprobada por los diferentes integrantes de éste.

Asistencia

Sr. César González – Comisión Nacional de Riego

Sr. Máximo Correa – Presidente de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Edison Araya – Asesor de la Junta de Vigilancia Río Longaví

Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Asociación Canal Maule

Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal

Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Alejandro Acevedo P. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Tabla

Lectura Acta reunión anterior

Presentar los avances a la fecha

Discutir principales problemas

Establecer lineamientos de trabajo

Se lee el acta anterior y se aprueba.

Intervenciones

Varios

El Sr. Edison Araya consulta acerca de las actividades que se encuentra desarrollando el INIA respecto al uso de estaciones meteorológicas automáticas para programación del riego. Al respecto su consulta es respondida por los Sres. Samuel Ortega y Alejandro Acevedo. Adicionalmente se le indica que el CITRA fue invitado a participar, sin embargo no se accedió, considerando que esa red no era únicamente para la programación del riego y que no cumplían los estándares solicitados por el modelo de Penman-Monteith (FAO 56).

El Sr. Samuel Ortega reporta de las gestiones que ha hecho en INDAP region del Maule, para concretar el desarrollo de un programa de capacitación a profesionales transferencistas en riego. Señala que se está trabajando en preparar una propuesta de manera de comenzar a ejecutar pronto esta iniciativa. Dependiendo de los procesos administrativos, esta iniciativa podría partir su ejecución en enero de 2010.

El Sr. Alejandro Acevedo señala que en INDAP de la región de O'Higgins se está intentando replicar esta iniciativa. Sugiere que en la propuesta técnica se trabajen con la misma zona de influencia del SEPOR. Al respecto el Sr. Sergio Jerez señala que la propuesta para esta zona contempla además la capacitación a los regantes. El ha sostenido reuniones con el intendente regional de O' Higgins y que le solicitó incluir la iniciativa para el presupuesto del CORE. Indica que sería una buena iniciativa que se inste a los gobiernos regionales a considerar el riego como una prioridad, considerando las características agrícolas de ambas regiones.

Transferencia del SEPOR

Los Sres. Samuel Ortega y Marcos Carrasco presentan una planilla con el presupuesto de operación anual de las 12 EMAs del SEPOR y del módulo central. Al respecto, se reitera que este proyecto finaliza este año, pero que se va a seguir financiando con los recursos del SEPOR 2, en respuesta a las consultas del Sr. Edison Araya. Respecto a lo mismo, el Sr.

Araya consulta acerca de la representatividad de la información entregada por las EMAs de las diferentes zonas, planteando la posibilidad de mover las EMAs para otros lugares donde podrían tener mayor impacto. Por otro lado, plantea que tal vez si las condiciones microclimáticas son similares, no sería necesario tener 3 estaciones, pudiendo entregar la estación que se encuentre de más a otra organización o bien, reasignandola a otro lugar dentro de su misma organización.

Respecto a la evaluación de los impactos del SEPOR, los Sres. Samuel Ortega y Marcos Carrasco, solicitan el apoyo para la toma de encuestas. Se hace hincapié principalmente en el área de influencia del Canal Maule, donde hasta la fecha no ha habido una respuesta adecuada. Se solicita apoyo al Sr. Cristian Beas, para que contacte a los encuestadores del SEPOR, con los celadores y a través de ellos se ubiquen a los usuarios que deben ser encuestados. Se señala que esta actividad es vital, de lo contrario, no se logrará tener los resultados para el informe final de diciembre.

Por otra parte, en relación al material escrito, se solicita al Sr. César Gonzáles una respuesta respecto a las maquetas de las cartillas y boletines enviadas hasta la fecha. Lo anterior para poder tener el material corregido e impreso y entregarlo en las distintas actividades que se van a realizar. Al respecto el Sr. González señala que las ha enviado ese mismo día por e-mail.

Respecto a los datos generados por las EMAs, se discute acerca de la comercialización de ellos, para generar ingresos extras en la mantención de los equipos, una vez que el financiamiento de la CNR finalice. El Sr. Samuel Ortega, señala que en relación a esto, la venta de datos no es un negocio lucrativo, sino más bien la generación de servicios basados en el análisis de los datos y su transformación en información relevante para la toma de decisiones de los productores.

El Sr. Samuel Ortega señala que el consorcio vitivinícola quiere montar una red de 100 EMAs y que cada vez está más de moda copiar esta iniciativa. Al respecto sugiere a la CNR la posibilidad de realizar un seminario de uso de EMAs para programación de riego, de

manera que se de pie para la normalización del uso de esta tecnología, lo que permita generar estándares de datos y de la idoneidad de las personas que usen y operen los sistemas.

Respecto al presupuesto presentado surgen preguntas del costo de renovación de sensores, al respecto se señalan precios de referencia, pero se hará una propuesta más acabada para la próxima reunión.

Conclusiones y acuerdos

El Sr. César González se compromete a traer a la próxima sesión un borrador con el contrato en comodato para la transferencia de las EMAs a las diferentes organizaciones de regantes.

Se sugiere que la reunión próxima sea en este mismo lugar el día 28 de octubre.

Se cierra la reunión aproximadamente a las 13:50 hrs.

SEXTA REUNIÓN COMITÉ ASESOR SEPOR

Acta

En Curicó, con fecha 17 de diciembre de 2009, en las dependencias de la Universidad de Talca, campus Los Niches – Curicó, se realizó la Reunión del Comité Asesor del SEPOR. Se inició esta actividad a las 11:00 a.m. Se debe aclarar que esta acta es preliminar y que debe ser aprobada por los diferentes integrantes de éste.

Asistencia

Sr. Héctor Jeria – Comisión Nacional de Riego
Sr. César González – Comisión Nacional de Riego
Sr. Máximo Correa – Presidente de la Junta de Vigilancia Río Longaví
Sr. Lisandro Farías – Gerente de la Junta de Vigilancia Río Longaví
Sr. Wilibaldo Bravo – Gerente Asociación Canal Maule
Sr. Cristian Beas – Jefe de Proyectos Asociación Canal Maule
Sr. Sergio Jerez – representante de la Junta de Vigilancia 2ª Sección Río Cachapoal
Sr. Samuel Ortega F. – Director proyecto SEPOR, CITRA – U. de Talca.
Sr. Alejandro Acevedo P. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.
Sr. Marcos Carrasco B. – Asistente de Investigación SEPOR, CITRA – U. de Talca.

Tabla

Lectura Acta reunión anterior

Presentar borrador contrato de transferencia estaciones meteorológicas automáticas

Discutir principales problemas

No se lee el acta anterior y se pasa directamente a la revisión del contrato en comodato preparado por Sr. César González

Intervenciones

Varios

El Sr. Alejandro Acevedo reporta de las gestiones que ha hecho en INDAP Región de O'Higgins, para concretar el desarrollo de un programa de capacitación a profesionales transferencistas en riego. Señala que se la propuesta está terminada y se espera partir su ejecución en enero de 2010.

Se conversa acerca del sistema Wap que permite enviar mensajes de texto a los celulares, con información relevante del SEPOR.

Transferencia del SEPOR

Se plantea y discute en general que cada organización de usuarios de agua tenga su propia estructura de negocios, basados en el sistema meteorológico.

Respecto al presupuesto presentado anteriormente, surgen preguntas del costo de renovación de sensores, al respecto se señalan precios de referencia, se solicita un costeo más detallado.

Conclusiones y acuerdos

Se revisará el borrador con el contrato en comodato para la transferencia de las EMAs a las diferentes organizaciones de regantes, presentado en esta reunión.

Se va a redactar una carta para solicitar una reunión urgente con la CNR, de manera de generar un contrato complementario al fondo FNDR postulado en la VI región.

Se cierra la reunión aproximadamente a las 13:00 hrs.

ANEXO 2
SIG SEPOR

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
SEPOR

Índice

1.	Introducción	3
2.	Objetivo del Sistema de Información Geográfica	3
3.	Metodología Empleada	3
3.1.	Recolección y revisión de información espacial y de atributos existente para las zonas de influencia del proyecto.	3
3.2.	Diseño de la estructura del Sistema de Información Geográfica	6
3.3.	Modelo de datos y formato de la información	7
3.4.	Definición del Sistema de coordenadas	9
3.5.	Consideraciones de uso para escalas de Información geográfica	9
3.6.	Procesamiento y generación de información espacial	10
4.	Implementación del Sistema de Información Geográfico	12
4.1.	Estructura y descripción de la Base de datos	13
4.1.1.	Dimensión Topográfica	13
4.1.2.	Dimensión Medio Ambiente	14
4.1.3.	Dimensión Base Cartográfica	15
4.1.4.	Dimensión Recursos Hídricos	18
4.1.5.	Dimensión Suelo	19
4.1.6.	Dimensión Cubierta Superficial	19
4.1.7.	Dimensión Climática	20
4.1.8.	Dimensión Infraestructura de Riego	21
4.2.	Codificación de los Nombres de Archivos	22
4.3.	Estructura de almacenamiento de la base de datos SIG.	24
5.	Introducción a gvSIG	25
5.1.	Introducción al sistema	25
5.2.	Cargar datos a la Vista	26
5.3.	Visualización de información	26
5.4.	Consulta de información	29
5.5.	Selección de elementos	30
5.6.	Edición de la información	31
5.7.	Utilidades del sistema	35
5.8.	Gestionar Archivos de Proyectos	36

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

1. Introducción

Se desarrolló un Sistema de Información Geográfico para las zonas de influencia del proyecto SEPOR. El proceso involucró actividades destinadas a recopilar, sistematizar y completar información geográfica y de tablas, disponibles en diversas fuentes (Junta de vigilancia del Río Longaví y sus afluentes, Asociación Canal Maule, y Junta de Vigilancia de la Segunda Sección del Río Cachapoal, Comisión Nacional del Riego, Serplac, CONAMA y CONAF) para integrarlas en una base de datos que pueda ser gestionada por un Sistema de Información. Los resultados obtenidos en esta sección, se pueden resumir en la caracterización espacial de las zonas del proyecto a través de una base de datos geográficos vectoriales y de atributos, que recopiló las variables de interés para las asociaciones de regantes beneficiados por el proyecto. Dicha información podrá ser manejada empleando un software de SIG, que permitirá agregar o eliminar nuevos elementos en las variables existentes o producir nuevas variables, usando la espacialización de objetos de interés en el territorio.

2. Objetivo del Sistema de Información Geográfica

Generar un Sistema de Información Geográfica que permita gestionar e integrar la información espacial y de atributos que se encuentra disponible en diversas fuentes y aquella que será generada por el proyecto SEPOR para las zonas de intervención.

3. Metodología Empleada

La metodología se desarrolló a través de las siguientes etapas:

3.1. Recolección y revisión de información espacial y de atributos existente para las zonas de influencia del proyecto.

Se consideró una recopilación de antecedentes e información geográfica existente para los territorios de Maule Norte, Longaví y Cachapoal. Se estableció que la información necesaria para el proyecto se encontraba disponible y correspondió a los siguientes elementos:

- Información topográfica base, escala 1:50.000, actualizada al año 97/98 disponible en la Serplac de la Región de O'Higgins y del Maule.
- Información climática, disponible en las asociaciones del canal Maule, Junta de vigilancia del Río Longaví y Junta de Vigilancia de la Segunda Sección del Río Cachapoal.
- Información medioambiental, disponible en CONAMA.
- Información de suelos, disponible en la CNR.
- Información de recursos hídricos (subterráneos y superficiales), disponible en la CNR y la Serplac de la Región del Maule y O'Higgins.
- Información infraestructura de riego, disponible en las asociaciones del canal Maule, Junta de vigilancia del Río Longaví y Junta de Vigilancia de la Segunda Sección del Río Cachapoal.
- Información de infraestructura hídrica (acuíferos subterráneos y captaciones de agua), disponibles en la CNR.
- Información cubierta superficial, disponible en la Serplac y CONAF de la Región de O'higgins y del Maule.

Se identificó el tipo de información disponible y la fuente o institución poseedora de la misma. Posteriormente, a través de reuniones con la CNR, se evaluó la utilidad de las diversas fuentes de información, a objeto de determinar la pertinencia de disponer de ellas e integrarlas a la base de datos en confección. Por otra parte, aún cuando en esta etapa del proyecto es donde se lleva a cabo la recolección, adecuación e integración de la mayor parte de la información que conforma la base de datos digital, se indica que los usuarios de la base, podrán ir anexando nuevas capas de información proveniente de fuentes distintas a las mencionadas, lo cual permitirá complementar las capas ya recolectadas con información adicional, enriqueciendo de esta forma la base de datos.

En la tabla N°1 se exponen los resultados de la recolección de información llevada a cabo, indicando la fuente de la misma, la institución a cargo, y la situación en cuanto a su disponibilidad.

Tabla N°1: Resultados de la recolección de información requerida por el proyecto.

N°	Fuente de información	Institución	Estado
1	Cartografía Digital IGM, actualizada al año 97/98	SERPLAC VI, VII Región	Parcialmente recolectada
2	Información climática, con entidades de Agroclima	Beneficiarios	Recolectada y Revisada
3	Coberturas de variables medioambientales	CONAMA	Parcialmente recolectada
4	Información de suelos	C.N.R.	Parcialmente recolectada
5	Información de recursos hídricos	C.N.R.	Recolectada y revisada
6	Información infraestructura de riego	Beneficiarios	Recolectada y revisada
7	Información de infraestructura hídrica	CNR	No Recolectada

8	Información cubierta superficial	CONAF- CONAMA	Recolectada y revisada
9	Información espacial SEPOR	CITRA	No Recolectada

La etapa involucró también la realización de visitas de reconocimiento a las zonas a las zonas de estudio, con el fin de alcanzar una familiarización y recolectar información de apoyo que sería útil para la revisión y análisis de la información geográfica existente y de aquella que se generará como producto del desarrollo del proyecto. En este contexto, las visitas fueron empleadas para realizar una geo-referenciación (con receptores GPS) de los lugares donde se aplicaron las encuestas del proyecto, y de esta forma espacializar a través de objetos puntuales, la posición de cada uno de los agricultores encuestados para posteriormente asociarles información en forma de tablas.

3.2. Diseño de la estructura del Sistema de Información Geográfica

La estructura del modelo de datos, así como el ámbito de las variables consideradas en la base de datos construida, se basaron en la configuración temática presentada por el Sistema de Información Integral de Riego (E-SIIR) de la CNR. En este sentido las variables recopiladas quedaron agrupadas en las siguientes dimensiones:

Dimensión Base Cartográfica: agrupa a las cubiertas de límite regional, límites comunales, límites provinciales, ciudades, red de caminos, poblados rurales.

Dimensión Información Climática: agrupa las cubiertas de agroclima, estaciones meteorológicas y estaciones fluviométricas.

Dimensión Medio Ambiente: agrupa a las cubiertas de erosividad, erodabilidad, desertificación, estaciones de calidad del agua, vertederos, rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas servidas.

Dimensión Suelo: incluye a las cubiertas del estudio integral de suelos.

Dimensión de recursos hídricos: involucra a los recursos superficiales, así como también a los subterráneos, se incluyen las variables de acuíferos, captaciones de agua subterránea, red hídrica natural superficial.

Dimensión Infraestructura de riego: incluye las cubiertas con los principales embalses para regadío, cubierta de canales, cubierta de singularidades, cubierta de bocatomas y pozos para regadío.

Dimensión topográfica: considera las cubiertas de curvas de nivel, modelo digital de elevación, cubierta de pendiente y orientación.

Dimensión cubierta superficial: incorpora a la cubierta de uso actual del suelo.

3.3. Modelo de datos y formato de la información

De acuerdo a reuniones del equipo ejecutor y encargados de la CNR, se acordó que el modelo de datos espaciales adoptado para la nueva base de datos a generar sería el de representación vectorial, debido a la amplia difusión que ha experimentado y a las ventajas (menor peso de los archivos digitales, representación más acertada de los entidades, apropiado para plataformas Web, entre otras) por sobre otros modelos de datos espaciales. En este contexto, se definió que la estructura de la base de datos de atributos sería del tipo relacional o de tablas para lograr una vinculación más apropiada con los objetos y fenómenos representados espacialmente. Asimismo, en conjunto con la CNR, se acordó que el formato empleado para las cubiertas geográficas sería de formas o Shape (SHP), que básicamente almacena el listado de coordenadas de cada uno de los vértices para los objetos representados. De esta forma, al seleccionar dicho modelo de datos y el formato mencionado, se asegura que la base de datos generada en el proyecto podrá ser empleada

por cualquier software SIG capaz de leer e interactuar con el formato indicado, encontrando en este ámbito, a ArcView y ArcGis como uno de los estándares en el mercado de los programas orientados al manejo de datos SIG.

Con respecto a las actividades vinculadas a la estandarización de los datos provenientes de las diversas fuentes, las principales acciones incluyeron el estudio de los formatos y software de origen para las cubiertas de información y la transformación al formato acordado con los mandantes. La tabla N°2 muestra los casos identificados en cuanto a los programas y formatos más frecuentemente utilizados en el manejo y almacenamiento de datos geográficos, el proceso de transformación aplicado y el formato destino de la información tratada.

Tabla N°2: Software y formatos de origen y destino de la información recopilada.

Software de Origen	Formato Origen	Transformación	Formato Final
AutoCad	DWG/DXF	DWG/DXF - SHP - ARC - SHP	SHAPE
ArcInfo	ARC	ARC - SHP	SHAPE
MapInfo	TAB	TAB - SHP - ARC - SHP	SHAPE
ArcView	SHAPE	SHP - ARC - SHP	SHAPE

Posteriormente, se modificó el nombre de cada cobertura de manera de uniformizar los criterios de asignación de la información geográfica y de atributos. La codificación respondió a las siguientes reglas:

- Nombres de archivos: se consideró incorporar en el nombre, a una parte del elemento de la realidad que éste representa (suelos, pozos, caminos, etc), la localidad o el sector de pertenencia geográfica y la geometría de representación (punto, línea, polígono, texto) para la generación del acrónimo. De esta forma, el nombre de cada archivo quedó compuesto por una combinación de 8 caracteres, en donde los 4 primeros permiten identificar la información representada, los 3 caracteres siguientes corresponden al área de estudio, el último carácter indica el tipo de elementos (l = líneas, p = polígonos, o = puntos). Por ejemplo, la codificación empleada para el archivo de capacidad de uso fue

capalonp.shp, en este caso, los primeros cuatro caracteres indican que el archivo representa capacidad de uso del suelo, los siguientes tres caracteres indican la zona (Longaví), el octavo carácter indica una geometría de tipo poligonal.

- Nombres de campos y codificación de atributos: en este ámbito se tomó como guía la información de tablas que presenta el E-SIIR y que se muestra cada vez que el usuario accede a una consulta de los atributos.

3.4. Definición del Sistema de coordenadas

Para uniformizar los datos producidos, se optó por emplear en las cubiertas un sistema de coordenadas planas con proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), el Datum empleado en el sistema fue el WGS84 (recomendado por el Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial SNIT), con zona de Huso 19 Sur. Lo anterior se decidió en conjunto con el equipo asesor de la CNR, en donde se argumentó que el sistema de coordenadas mencionado es uno de los más empleados en las base de datos geográficas desarrolladas en el país, y por la misma razón, permitirá la compatibilidad e integración de la base generada en el proyecto con información existente construida, ya sea por la CNR u otra institución vinculada al manejo del recurso hídrico. Por otra parte, al adoptar el sistema de coordenadas definido, la nueva información generada por los beneficiarios, podrá ser compartida con otros usuarios de bases geográficas en el país.

3.5. Consideraciones de uso para escalas de Información geográfica

Se realizó con el objeto de hacer una revisión de las escalas en que se encuentra originalmente la información recopilada, lo que lleva a determinar, la compatibilidad o incompatibilidad (debido a presencia de mayores detalles espaciales en escalas grandes y generalización de los mismos en cartografías de escalas pequeñas) que pudiera existir entre las diversas coberturas de múltiples fuentes que se pretenden integrar y usar. En este ámbito, se indica que la información incluida en la Dimensión Base Cartográfica, generada por el IGM se encuentra a escala 1:50.000, la cual debe ser tomada como la escala de

referencia para la base de datos. Respecto a los datos que se encuentran en la Dimensión Suelo, estos se encuentran generados a escala 1:20.000, aproximadamente, por lo que pueden ser empleados en la base de datos sin ningún problema, ya que los factores de escala son relativamente cercanos. Lo mismo ocurre con la información que se encuentra en la Dimensión Topográfica, ya que proviene de los datos IGM 1:50.000, pudiendo incluirse y usarse sin problemas. Los datos de las Dimensiones Medio Ambiente, Cubierta Superficial y Recursos Hídricos, poseen también un factor de escala 1:50.000, por lo que se pueden integrar a la base y cruzar con la información existente en ella. Por otra parte, existe en la base información confeccionada con un mayor nivel de detalle que la escala de referencia, en este caso, los datos de la Dimensión Infraestructura de Riego generados por el CNR a escala 1:10.000 que permiten sin problemas su compatibilidad con el resto de la información. Sin embargo, los usuarios deberán prestar especial atención al momento de usar la información albergada en la Dimensión Climática, ya que se encuentra a escala 1:250.000, siendo muy pequeña en comparación con la escala referencial de la base y a la de las otras cubiertas ya descritas, por esta razón, solo se incluirá como información referencial o complementaria.

3.6. Procesamiento y generación de información espacial

Involucró la incorporación de información geográfica procedente de diversas fuentes ya mencionadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta ciertas consideraciones de manera de asegurar la compatibilidad de información que se pretenda integrar.

- Escala base de la información. Se estudió el factor o escala fijada como referencial o de base, a partir de esto, los usuarios se deberán asegurar que la escala de la nueva información a incorporar no presente muchas diferencias con respecto a este factor. Así por ejemplo en la base generada, escalas de 1:10.000; 1:20.000 o 1:50.000 podrían ser usadas e incorporadas, sin embargo, una nueva cobertura con escala 1:200.000, solo debe ser tomada como información de referencia y no tomar decisiones basadas en los cruces de información realizados con esta y otras variables de escalas mayores.

- Transformación de los sistemas de coordenadas y estandarización de formatos. Se incluyó las actividades y procesos en programas SIG, necesarias para la conversión de sistemas de coordenadas. Lo anterior es requerido debido a que muchas de las cubiertas geográficas recopiladas provenían de distintas fuentes y por lo tanto, contaban con diferentes sistemas de coordenadas espaciales, haciendo difícil su calce geográfico en forma inmediata. Por esta razón la información se procesó para que todas las cubiertas incluidas en la base de datos contarán con el Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator, Huso 19Sur y Datum WGS84. Asimismo, los diversos formatos de los archivos, fueron procesados en un software SIG para exportarlos a un formato común, de amplio uso, soporte y difusión.
- Edición de la información espacial. Se llevaron a cabo las actividades para refinar espacialmente la nueva información que se incluyó en la base de datos. En este contexto, la información espacial debe cumplir con ciertos requerimientos en cuanto a las características de los elementos que la conforman. La información contenida en un cubierta geográfica vectorial, debe regirse por una geometría que solo reconoce ciertos elementos (puntos, líneas y polígonos) como figuras válidas para la representación de objetos sobre el territorio, y a su vez, estas figuras deben presentar una estructura y ordenamiento espacial específico. Por esta razón, la información espacial se editó en sistemas especializados para eliminar (pseudonodos, superposición de polígonos o polígonos incluidos) y corregir (polígonos mal cerrados o abiertos, entre otros defectos) algunos defectos propios de la información, resultante de los procesos de generación y manipulación de la misma. En el caso de información incluida en formato ráster, las correcciones vinieron principalmente de lado de filtrados y eliminación de angulosidades para imágenes resultantes de interpolaciones espaciales. Por otra parte, se hace necesario mencionar el trabajo realizado sobre los atributos y estructura de la base de datos relacional confeccionada. Las principales correcciones realizadas involucraron eliminación de campos clonados, supresión de campos que no aportaban información relevante a la variable, recálculos de algunos atributos como longitud, perímetro y área en algunos registros, ingreso manual de atributos y renombramiento de cabecera para campos.

- Generación de información a partir de datos existentes. Se derivó un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) a partir de la información topográfica de las zonas de estudio. El MDE fue calculado a usando las curvas de nivel como información base y modelando la topografía través de una técnica que usa una red de triángulos irregulares (TIN) para cubrir la superficie. A partir de esta red de triángulos, se derivaron imágenes que representaron las variables de elevación, pendiente y orientación.

4. Implementación del Sistema de Información Geográfico

Incluyó las acciones necesarias para llevar a cabo la selección e instalación del software que gestionará y soportará la base de datos del proyecto SEPOR en las oficinas de los territorios beneficiados por el proyecto. Se recomienda que el software usado para manejar la base de datos, posea soporte para los modelos de datos vectoriales (para las capas) y raster (para las imágenes y variables espacializadas). En este contexto existe una gran oferta de productos en el mercado de los SIG, los que se podrán optar de acuerdo a los recursos de los territorios. En el ámbito de los paquetes comerciales, existen productos como ArcGis, ArcView u otros programas como MapInfo y SmallWorld. Por otra parte, es posible optar también por opciones liberadas entre las que se encuentran el software ArcExplorer, gvSIG e ILWIS, entre otros. En este contexto, se revisaron las numerosas opciones indicadas anteriormente y teniendo en cuenta los recursos disponibles por las oficinas de los beneficiarios y la complejidad de aprendizaje de algunos de los software de manejo de datos SIG, se optó por la elección de un programa de distribución gratuita, en español, de fácil aprendizaje y con un nivel de funcional suficiente para un manejo adecuado de la base de datos generada. Finalmente, de los paquetes analizados, gvSIG, fue el único que cumplió a cabalidad con los requerimientos solicitados. A continuación se indica una pequeña descripción del gestor de datos geográficos.

gvSIG: Es una herramienta orientada al manejo de información geográfica. Se caracteriza por una interfaz amigable, siendo capaz de acceder a los formatos más usuales de forma

ágil tanto ráster como vectoriales. Integra en una vista datos tanto locales como remotos a través de un origen WMS, WCS o WFS. El programa está orientado a usuarios finales de información de naturaleza geográfica, sean profesionales o iniciados en la temática. El programa es de libre distribución y puede ser descargado de la dirección: ftp://downloads.gvsig.org/gva/descargas/ficheros/11/gvsig-1_1-windows-i586-withjre.exe

La etapa consideró además, la generación de un CD con una versión beta para la base de datos resultante del proyecto, de manera que pueda ser instalada en los equipos de las oficinas beneficiadas y gestionada a través del software gvSIG. El CD incluye, la versión beta de la base de datos geográfica generada en el proyecto, la cual tiene una distribución de carpetas similar a la presentada por E-SIIR; la versión 1.1 del software gvSIG, un detallado manual del usuario para el software y un archivo de instrucciones para la instalación del programa SIG y la base de datos.

4.1. Estructura y descripción de la Base de datos

4.1.1. Dimensión Topográfica

Las curvas de nivel (figura 1) son una de las variables de mayor importancia al momento de realizar estudios de análisis espacial, ya que de esta se derivan otras capas de información, como el modelo digital del terreno (MDT), las capas de orientación, pendiente y alturas. La capa de Curvas de nivel fue extraída de las cartas 1:50.000 (IGM), las cuales fueron fusionadas y luego recortadas para cada sector en Estudio.

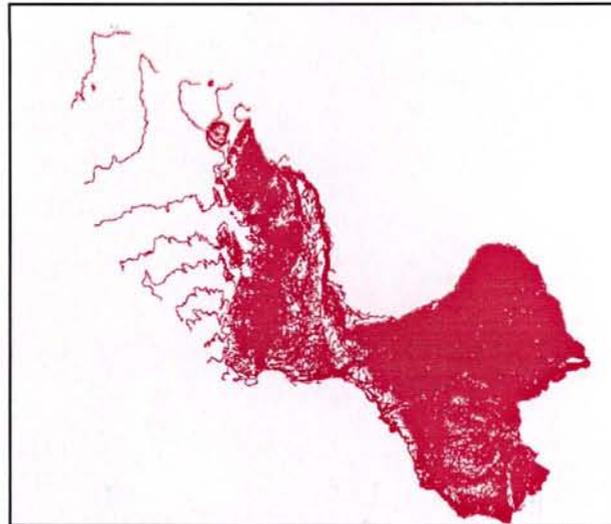


Figura 1: Curvas de Nivel.

4.1.2. Dimensión Medio Ambiente

En esta dimensión se conforma por las cubiertas de erosividad, erodabilidad (figura 2) desertificación, estaciones de calidad del agua, vertederos, rellenos sanitarios y plantas de tratamientos de aguas servidas. Se entiende por erosividad a la erosión que produce los factores como la lluvia y el escurrimiento superficial. La erodabilidad de los suelos, también conocido como erosionabilidad representa la pérdida de suelo por unidad de índice de erosión. En los suelos cuanto mayor sea el porcentaje de limo (fracción de tierra fina) mayor será el valor de K. En síntesis, el factor K indica la susceptibilidad de los suelos a la erosión.



Figura 2: Coberturas de Erosividad y Erodabilidad.

La cobertura de desertificación describe el grado en que esta se presenta en los sectores en estudio. Además se incluye en la base la cobertura que identifica las estaciones que miden la calidad del agua, en distintos lugares de los cauces. Las estaciones miden la calidad del agua de acuerdo a su composición y estructura, definiendo tipos de agua como buena, mala ó promedio.

Por otra parte se incorporaron a esta dimensión las coberturas de vertederos, rellenos sanitarios y plantas de tratamientos de aguas servidas. Estas coberturas fueron creadas a partir de archivos de puntos, en donde la información de posición geográfica fue obtenida de la base de datos que proporciona el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), en donde cada una de las Infraestructuras debe presentar en su Estudio de Evaluación, las coordenadas en donde se emplazará cada uno de los proyectos.

4.1.3. Dimensión Base Cartográfica

Dentro de la dimensión cartográfica, se creó una estructura de límites administrativos, en donde se propusieron tres categorías principales: La cobertura de límites regionales, cobertura de límites provinciales y la cobertura de límites comunales, como se muestra en la figura 3. Lo anterior con el propósito de tener una mejor ubicación espacial de cada una de las zonas en cuestión. La información contenida en esta dimensión, fue generada a partir de las coberturas IGM, escala 1:50.000.

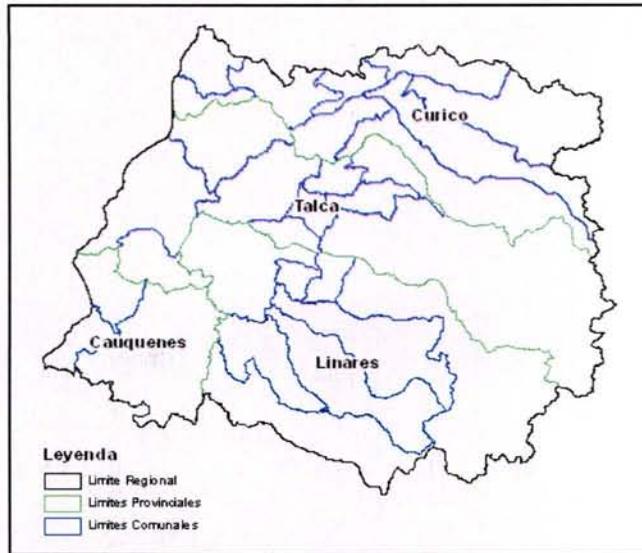


Figura 3: Limites administrativos.

Al igual que las coberturas de límites, la red de caminos (figura 4) se extrajo de la información de las cartas digitales del IGM a escala 1:50.000, que se encuentran actualizadas al año 97/98. La cobertura presenta una clasificación de jerarquías en su tabla de atributos para cada tipo de camino según su carpeta de rodado o categoría.

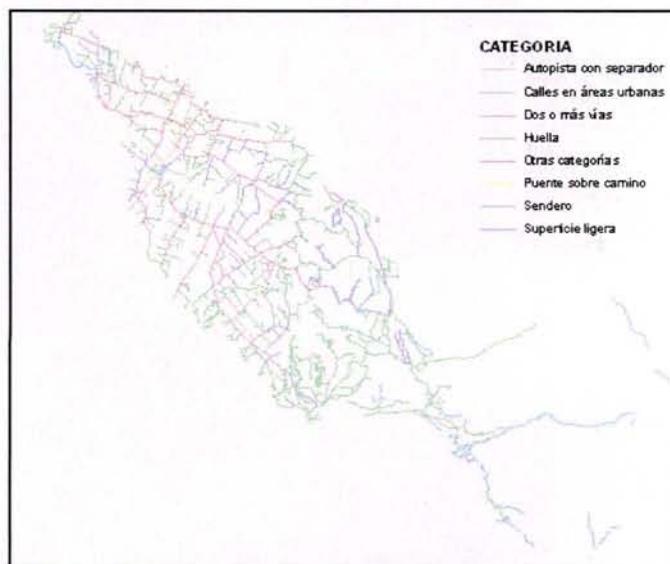


Figura 4: Red caminera

En esta dimensión se generaron también las coberturas que representan los asentamientos urbanos (figura 5) de cada sector, las que incluían las categorías de Ciudades y Poblados. La cobertura se generó a partir de un archivo de puntos, la cual fue obtenida de la información disponible por el SERPLAC de cada región.

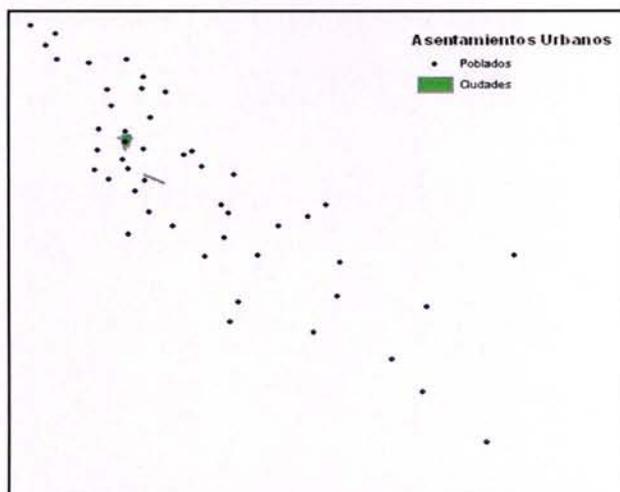


Figura 5: Asentamientos urbanos

La cobertura de ciudades fue creada a partir de un archivo de polígonos, los cuales fueron contrastados también con las imágenes satelitales y fotografías aéreas. El proceso se realizó mediante una digitalización en pantalla. Esta cobertura, posee información en su tabla de atributos del nombre de cada ciudad, la superficie y su perímetro. Se generó además la cobertura de Topónimos, la cual contiene en su tabla de atributos el nombre propio que identifica a cada lugar o sector. Por último se incorporó la cobertura de Roles (figura 6), la cual fue creada a partir de la cobertura que el Servicio de Impuestos Internos dispone, esta fue obtenida mediante la SERPLAC de las regiones consideradas. La cobertura de Roles posee los límites prediales y subdivisiones que han sido presentadas al SII hasta el año 97/98. Como información contenida en esta cobertura, se encuentra la superficie y el perímetro de cada predio, el número de Rol y el nombre del predio.

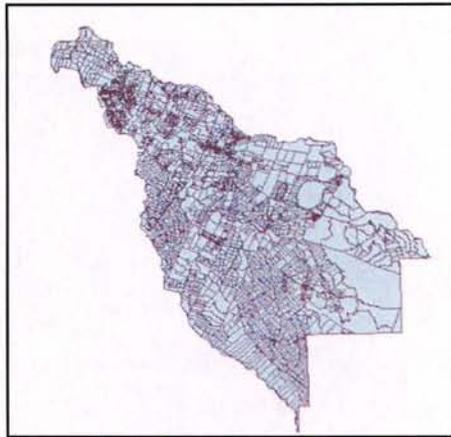


Figura 6: Cobertura de Roles

4.1.4. Dimensión Recursos Hídricos

Para la construcción de la cubierta de la red hidrográfica (figura 7) se debió recurrir a la información contenida en los archivos correspondientes al IGM. Dentro de los atributos que posee dicha cobertura esta la clasificación por el tipo de cuerpo de agua (quebradas permanentes, quebradas intermitentes, ríos, entre otras).



Figura 7: Red Hidrográfica

Se incluyó también en esta dimensión, las coberturas de lagunas, embalses y acuíferos las cuales fueron derivadas de la información hidrográfica. La información temática asociada a esta cobertura indica el nombre del cuerpo de agua y su ubicación geográfica. Además se incorporaron las captaciones de agua subterráneas, identificando la ubicación exacta de las mediciones, incluyendo como atributos las características descriptivas de cada captación.

4.1.5. Dimensión Suelo

Para la categoría de suelo, se elaboraron coberturas de Capacidad de Uso de Suelo (CUS) (figura 8), la que en términos simplificados se define como la potencialidad del suelo ó productividad que este puede tener. Esta cobertura fue obtenida a partir de La Comisión Nacional de Riego (CNR).



Figura 8: Capacidad de Uso de Suelo

Dentro de las variables consideradas dentro de la cobertura de Capacidad de Uso de Suelo, se pueden mencionar la profundidad del suelo, la textura, pedregosidad, entre otras.

4.1.6. Dimensión Cubierta Superficial

Esta categoría esta formada por la cobertura de Uso Actual del Suelo (figura 9), que describe la ocupación que tiene actualmente la superficie de las zonas en estudio. Esta

cobertura de uso actual muestra en su tabla de atributos el uso actual del suelo y una breve descripción de cada una de ellas.



Figura 9: Uso Actual del Suelo

La cobertura de uso actual del suelo proviene de La Corporación Nacional Forestal (CONAF) y La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), las cuales fueron analizadas y depuradas.

4.1.7. Dimensión Climática

La información se obtuvo a partir de asociaciones del canal Maule, Junta de Vigilancia del Río Longaví y Junta de Vigilancia de la Segunda Sección del Río Cachapoal, en donde se establecieron coberturas de estaciones fluviométricas, meteorológicas y de Agroclimas. La cobertura de estaciones fluviométricas muestra la ubicación, el nombre y el estado de vigencia que posee cada una de estas estaciones. Además se incorporó la información de las zonas agroclimáticas (figura 10) de cada sector, cobertura que identifica en una serie de datos información sobre temperatura, humedad relativa, evapotranspiración, horas de frío, entre otros factores ligados a los cultivos.

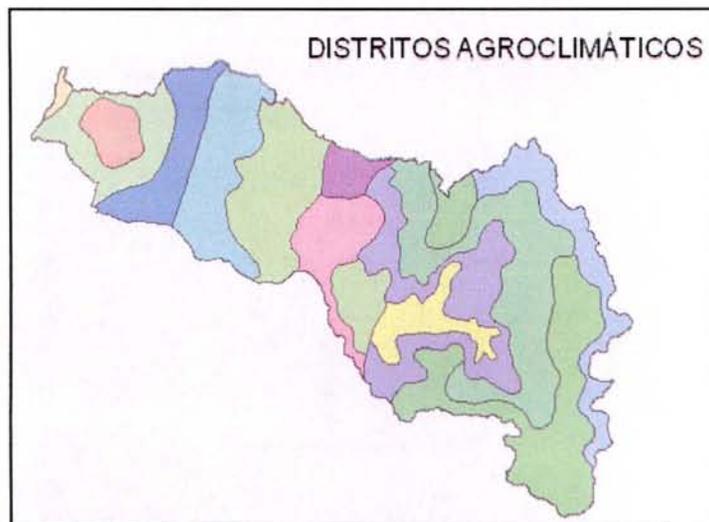


Figura 10: Distritos Agroclimáticos

4.1.8. Dimensión Infraestructura de Riego

En esta estructura se incorporaron coberturas que tienen directa relación con la infraestructura de regadío para las zonas beneficiadas por el proyecto. Las cubiertas incluyen: red de canales de regadío, la cual identifica todos los canales que están destinados exclusivamente para riego, además la cubierta de singularidades, las cuales describen el tipo de obra hidráulica existente, como son túneles y sifones. También se incluyeron las bocatomas, en donde se registró su nombre.

Por otra parte, se derivó de la cobertura de red hidrográfica la cubierta de embalses, tomando en cuenta esencialmente los embalses destinados a la acumulación de agua para distribución de riego.

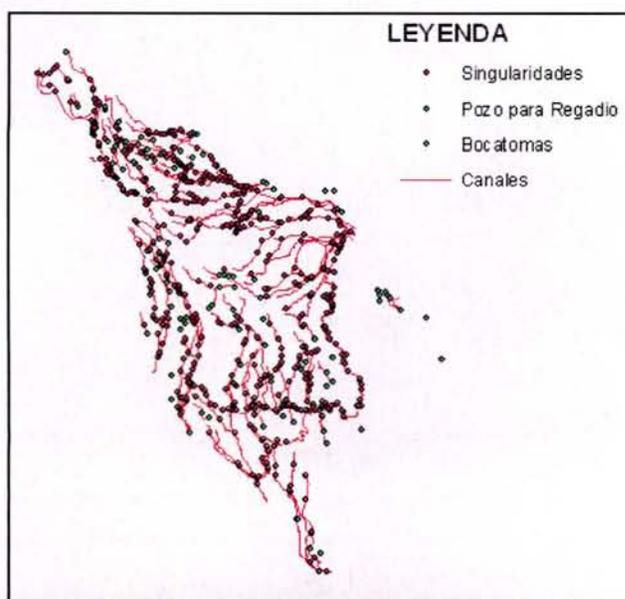


Figura 11: Infraestructura de Riego

4.2. Codificación de los Nombres de Archivos

Dentro de las actividades que se realizaron para la generación de la nueva base de datos, la modificación y estandarización de los nombres de las coberturas originales, fue uno de las tareas más importante, considerando que las nuevas nomenclaturas de la cobertura viene a representar, el sector y el tipo de archivo geométrico.

En la tabla 3, se muestra la codificación para cada una de las capas de información incluidas en las zonas de estudio. Para abreviar Longaví, Maule Norte y Cachapoal, se utilizó lon, man y cach respectivamente.

Tabla 3. Codificación de nombres para cubiertas geográficas

Cobertura representada	Longaví	Maule Norte	Cachapoal
Limite Regional	lirelonp.shp	liremanp.shp	lirecachp.shp
Limites Comunales	licolonp.shp	licomanp.shp	licocachp.shp
Limites Provinciales	liprlonp.shp	liprmanp.shp	liprcachp.shp
Zona de Estudio	zoelongp.shp	zoemanp.shp	zoescachp.shp
Ciudades	ciudlonp.shp	ciudmanp.shp	ciudcachp.shp
Caminos	camilonl.shp	camimanl.shp	camicachl.shp
Poblados	pobllono.shp	poblmano.shp	poblcatcho.shp
Toponimia	topolono.shp	topomano.shp	topocacho.shp
Distritos Agroclima	diaglonp.shp	diagmanp.shp	diagcachp.shp
Estaciones Metereorológicas	esmelonp.shp	esmemano.shp	esmecacho.shp
Estaciones Fluviométricas	esfllonp.shp	esflmano.shp	esflcacho.shp
Erosividad	eroslonp.shp	erosmanp.shp	eroscachp.shp
Erodabilidad	erodlonp.shp	erodmanp.shp	erodcachp.shp
Desertificación	deselonp.shp	desemanp.shp	desecachp.shp
Estaciones Calidad Agua	escalono.shp	escamano.shp	escacacho.shp
Capacidad de Uso	causlonp.shp	causmanp.shp	causcachp.shp
Acuíferos	acuilonp.shp	acuimanp.shp	acuicachp.shp
Captaciones Agua			
Subterránea	caaslono.shp	caasmano.shp	caascacho.shp
Red Hidrográfica polígonos	rehilonp.shp	rehimanp.shp	rehicachp.shp
Red Hidrográfica líneas	rehilonl.shp	rehimanl.shp	rehicachl.shp
Embalses	embalonp.shp	embamanp.shp	embacachp.shp
Canales	canalonl.shp	canamanl.shp	canacachl.shp
Singularidades	singlonp.shp	singmano.shp	singcacho.shp
Bocatomas	bocalono.shp	bocamano.shp	bocacacho.shp
Pozos para Regadío	porelonp.shp	poremano.shp	porecacho.shp
Curvas de Nivel	cunilonl.shp	cunimanl.shp	cunicachl.shp

Pendientes	pendlonp.shp	pendmanp.shp	pendcachp.shp
Orientación	orienlonp.shp	orienmanp.shp	oriencachp.shp
Modelo digital del Terreno	modtlonp.shp	modtmanp.shp	modtcachp.shp
Uso Actual del Suelo	usaslomp.shp	usasmamp.shp	usascachp.shp
Roles	rolelonp.shp	rolemanp.shp	rolecachp.shp
Plantas aguas servidas	plaslono.shp	plasmamp.shp	plascachp.shp
Rellenos Sanitarios	resalono.shp	resamamp.shp	resacachp.shp

4.3. Estructura de almacenamiento de la base de datos SIG.

Todas las coberturas digitales que conforman la base de datos SEPOR se agruparon dentro de una estructura de trabajo, como se muestra en la figura 12, la cual tiene como objetivo principal, facilitar el acceso, manipulación y similitud al trabajo con los datos del E-SIIR.

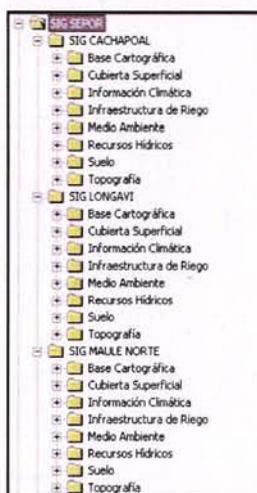


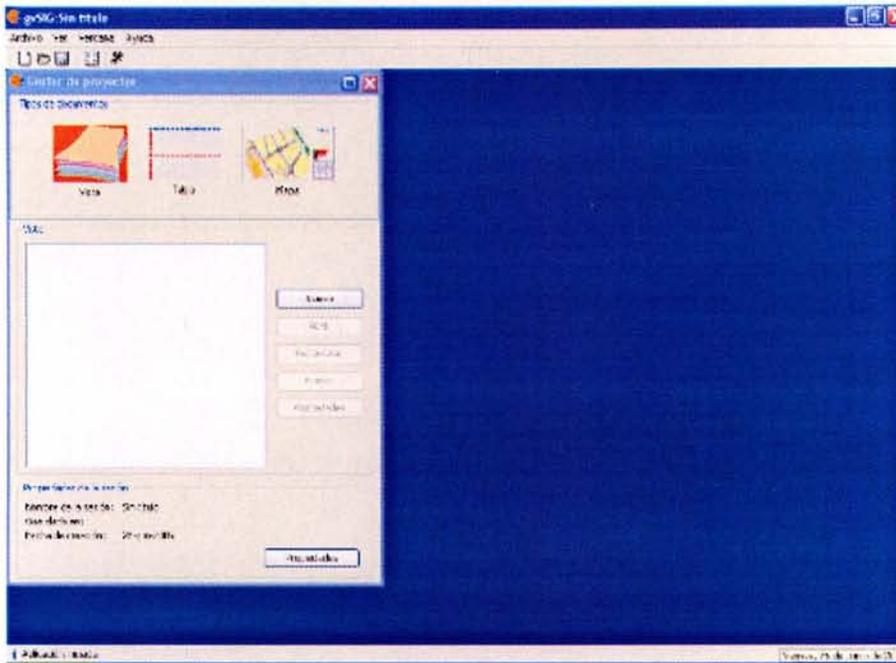
Figura 12: Árbol estructural de la base de datos SIG SEPOR

5. Introducción a gvSIG



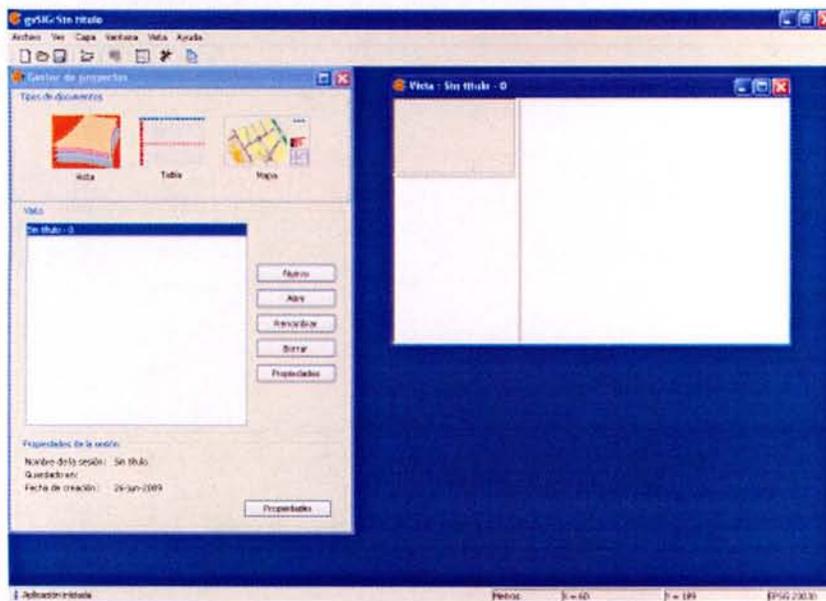
5.1. Introducción al sistema

Para ingresar al programa simplemente haga doble clic sobre el icono  situado en su escritorio. Si no aparece entonces búsquelo a través la ruta Inicio/Programas/Gva/gvSIG. El sistema mostrara la siguiente pantalla inicial.



5.2. Cargar datos a la Vista

Si lo que usted pretende es revisar datos ya generados en formato SP o de formas, se recomienda que opte por la opción de Vista, creando una Nueva.

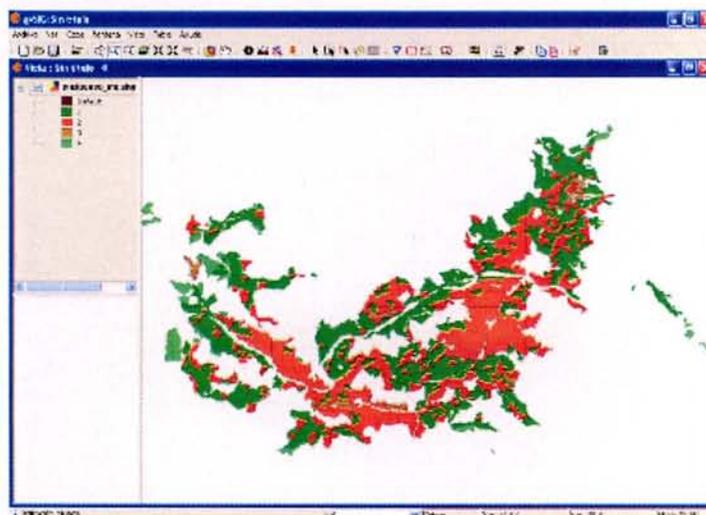


5.3. Visualización de información

Para visualizar información en la nueva Vista generada, vaya al Menú Vista/añadir capa. El sistema le dará las opciones para agregar diferentes tipos de datos. Seleccione la pestaña de Archivo y presione el botón de Añadir. Se mostrara una nueva ventana donde usted deberá buscar las capas de información que desee visualizar.

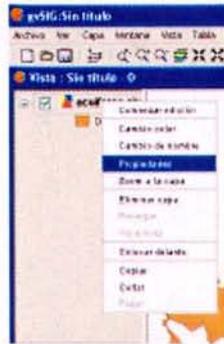


Cuando el archivo que desea visualizar aparece en la lista, presione el botón Aceptar. La cobertura se mostrara en la Vista.

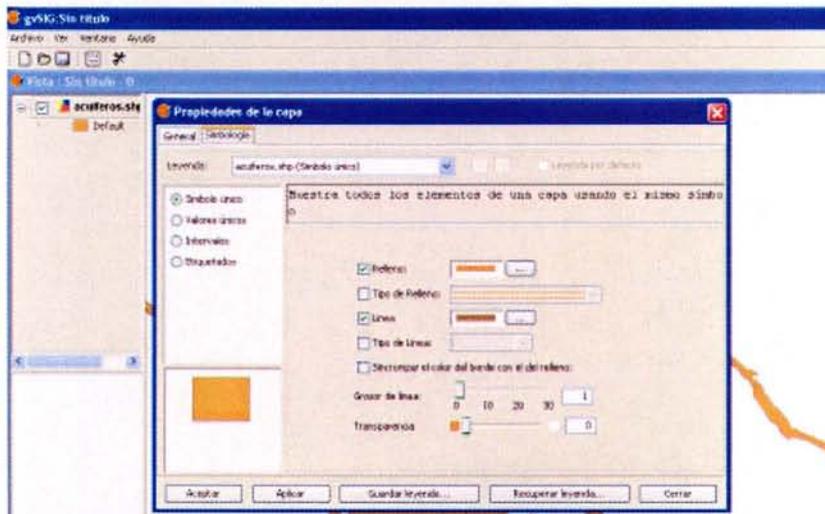


Si desea agregar una nueva cubierta, simplemente repita los pasos descritos anteriormente.

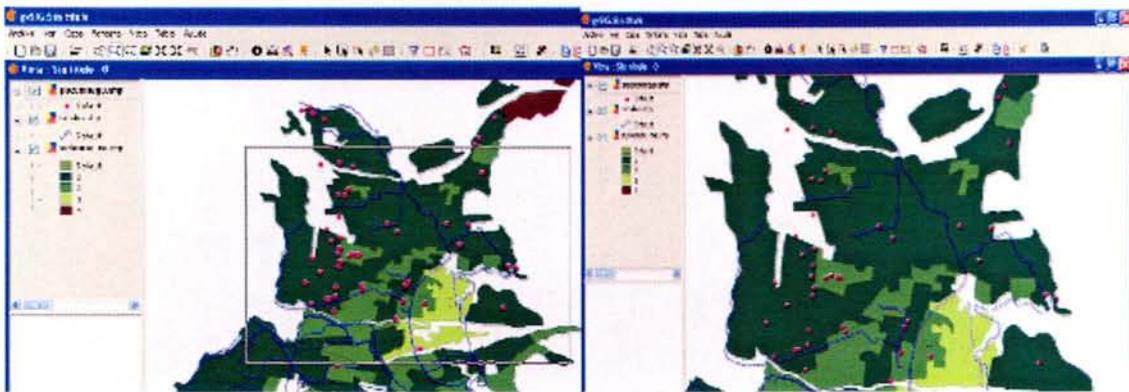
Para cambiar la simbología empleada en la visualización, es posible acceder a las propiedades de la cubierta, usando el botón derecho sobre el nombre de la cubierta.



En la ventana de propiedades de la capa, usando la pestaña de Simbología es posible acceder a cambiar los colores de línea, relleno, transparencia, grosor y otros atributos de los símbolos empleados.

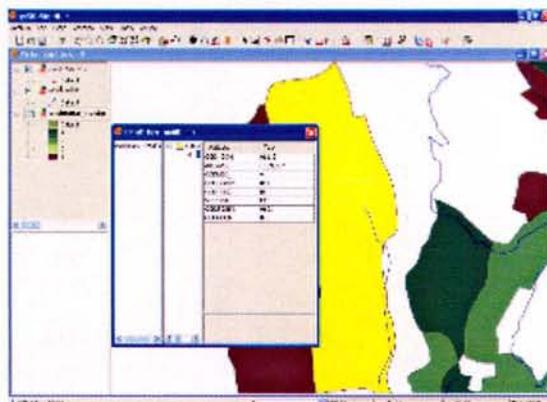


El sistema posee una gran cantidad de funciones, sin embargo, las más empleadas son las que sirven para gestionar la visualización de los datos geográficos (acercamientos, alejamientos, desplazamientos por la cubierta) y de atributos. Para realizar un acercamiento sobre una cubierta, vaya al botón Zoom más  de la Barra de herramientas, presione el botón izquierdo del Mouse y sin soltarlo describa un rectángulo donde usted desea realizar la ampliación, finalmente suelte. El sistema realizará una ampliación de la zona indicada.

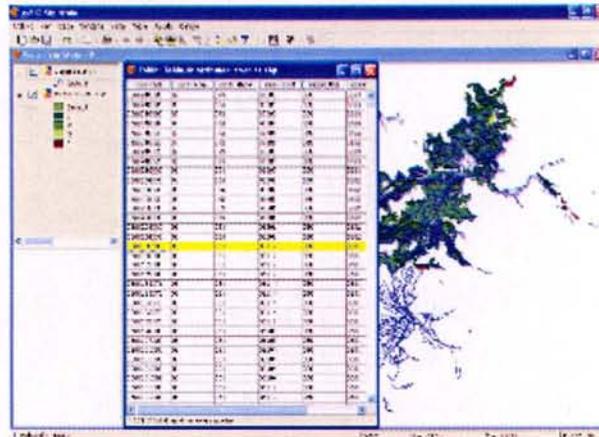


5.4. Consulta de información

Ahora bien, otra de las funciones empleadas es la consulta de información asociada a cada objeto, para esto, en la barra de herramientas, haga clic en el botón  información y el sistema desplegará los datos asociados al objeto.

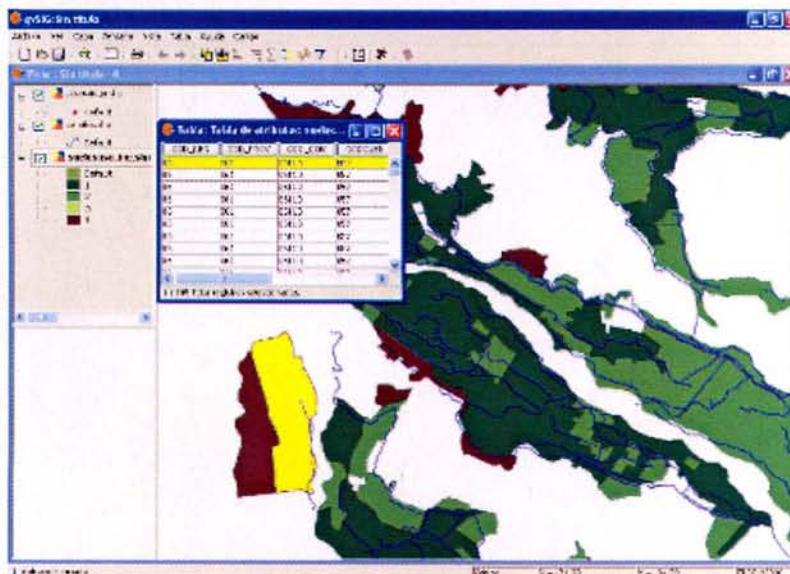


Si el usuario desea visualizar la tabla de atributos asociada para la cobertura espacial, simplemente debe ir a la barra de herramientas y hacer clic sobre el botón  Muestra los atributos de las capas seleccionadas.

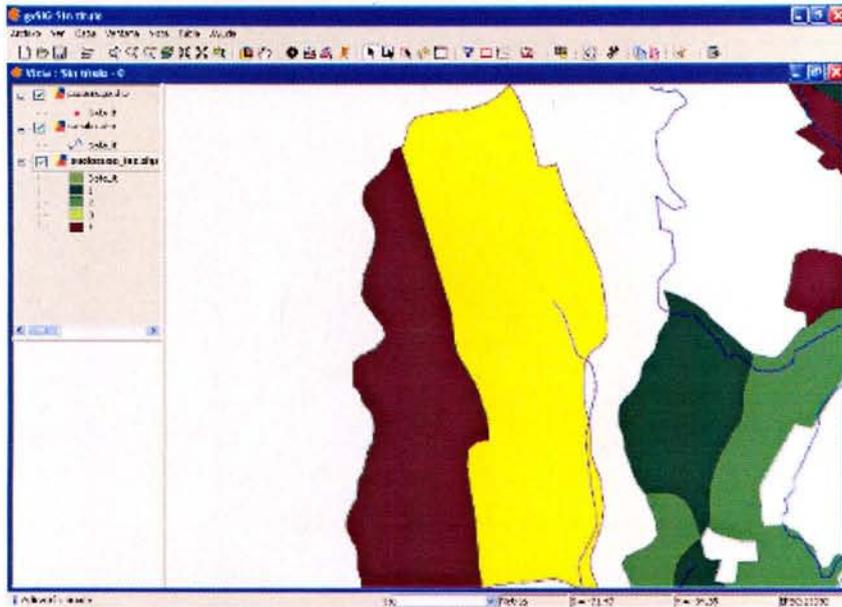


5.5. Selección de elementos

El sistema también incorpora las funcionalidades para que objetos sean seleccionados e identificados, ya sea en la tabla como en la Vista del proyecto. Para esto, el usuario debe ir al botón Seleccionar por punto  y hacer clic sobre la entidad de interés. El sistema mostrara inmediatamente el objeto en color amarillo y podrá apreciar que dicha correspondencia se da también en la base de atributos, donde el registro también es identificado y destacado.

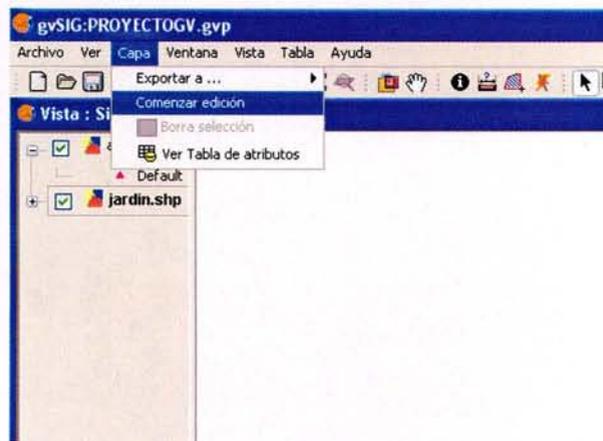


A partir de la selección de elementos los usuarios pueden emplear el boton  Zoom a lo seleccionado, para realizar un encuadre solo al objeto de interés.



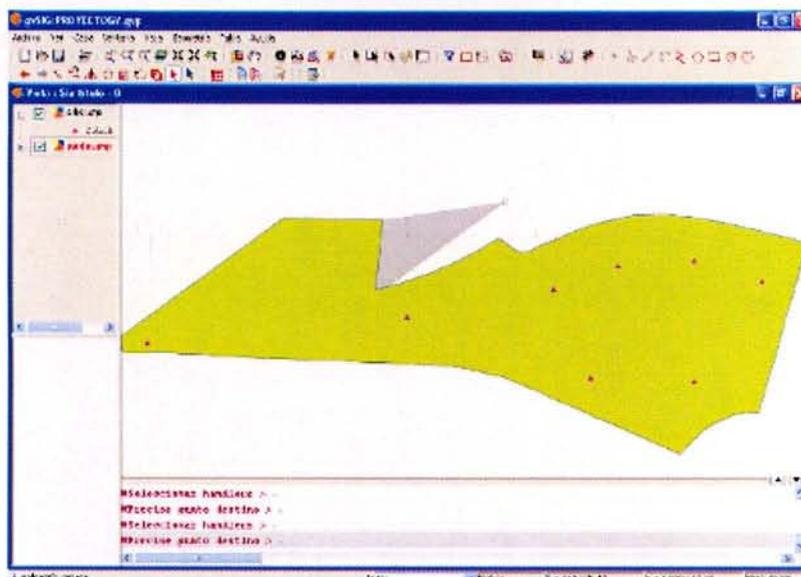
5.6. Edición de la información

Si el usuario desea realizar algún tipo de modificación (gráfica o de sus atributos) sobre las cubiertas, es necesario que las cubiertas se encuentren en un estado de edición. Para esto, se debe seleccionar la capa a modificar y luego desde el Menú, acceder a la opción Capa/Comenzar edición.

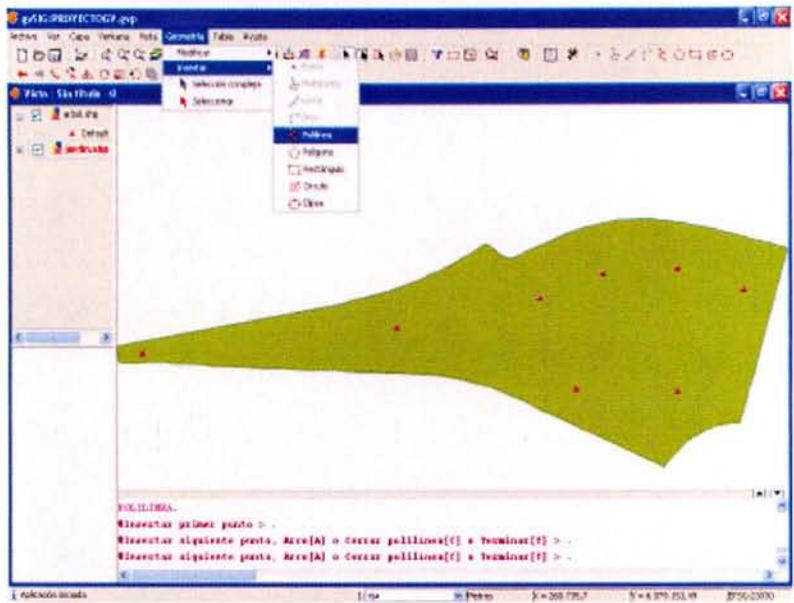


En este contexto, las ediciones de la información pueden pasar por modificar la figura de los objetos presentes en la cubierta, la incorporación de nuevos objetos y la modificación de

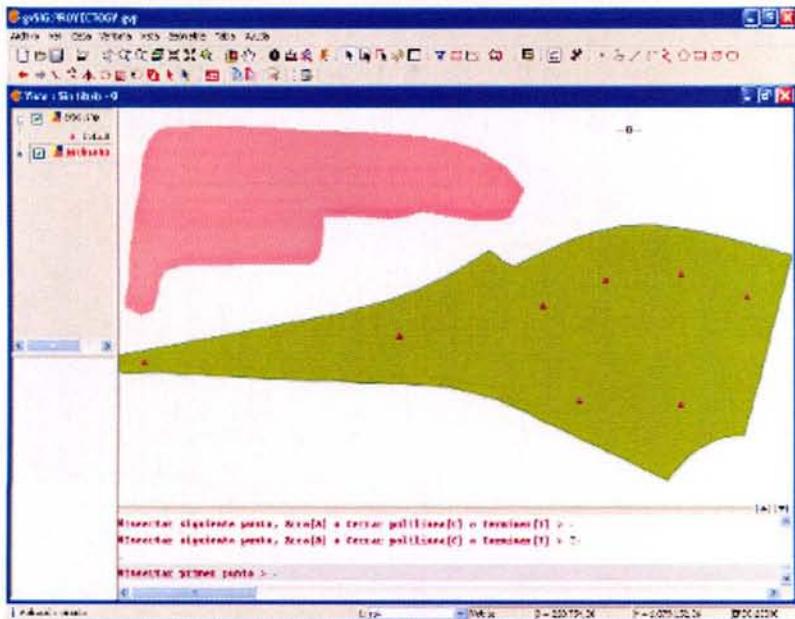
la estructura de la tabla o atributos asociados a los objetos. Para el primer caso, el usuario debe ir al botón  Editar vértice y luego presionar el botón seleccionar , el sistema mostrara los vértices del objeto. Si desea cambiar la posición d un vértice, simplemente haga clic sobre el y llévelo a la nueva posición.



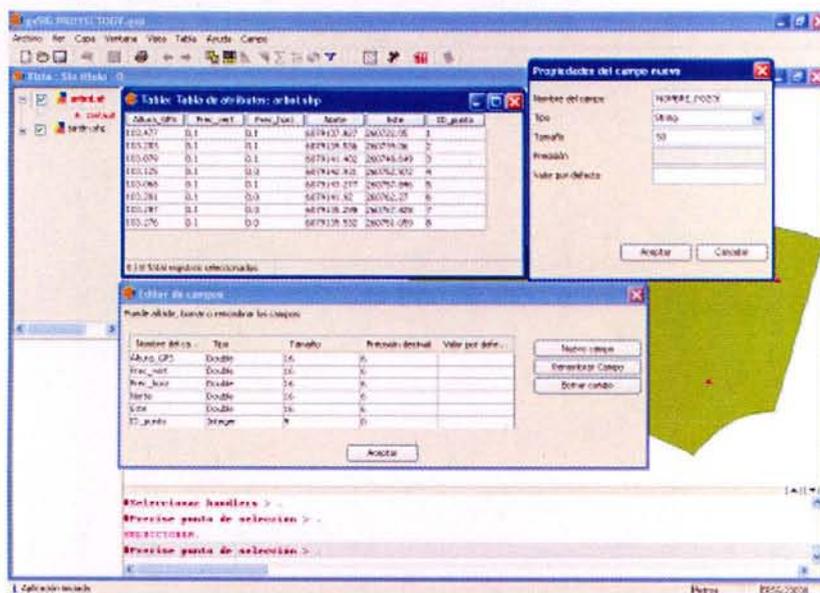
Ahora si el deseo del usuario es agregar nuevos elementos a la cubierta. Simplemente debe ir al Menú Geometría/Insertar y seleccionar una de las múltiples opciones que brinda el sistema para construir un nuevo elemento (en el caso del ejemplo, Polilínea)



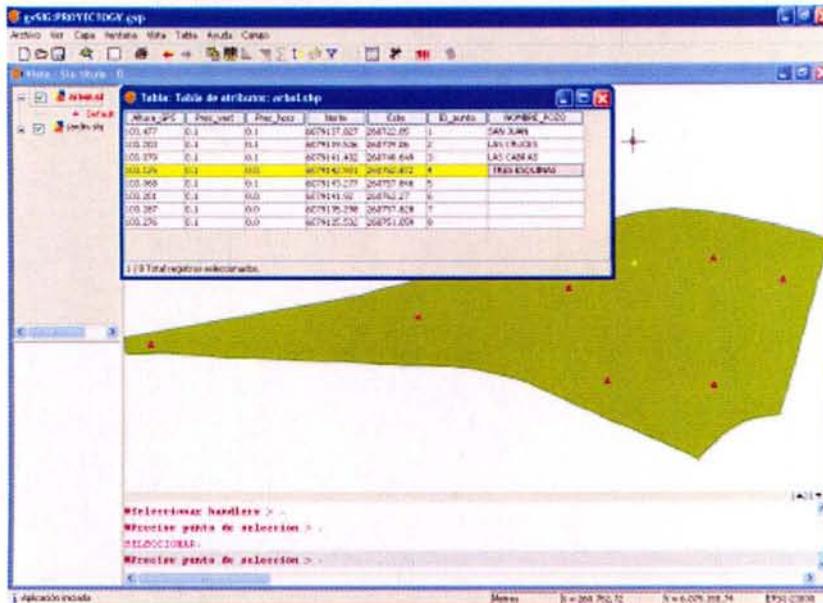
Con la herramienta de polilínea, el usuario puede dibujar un nuevo elemento, haciendo clic en cada lugar que desee incluir un vértice. Para finalizar la figura, simplemente vuelva al punto de partida desde donde comenzó a dibujar el objeto y presione la tecla T y Enter en la línea de comandos.



Finalmente en las tareas de edición, si el usuario desea modificar la estructura o completar datos en la base de atributos de las coberturas, debe ir a la tabla . Desde esa interfaz el usuario debe ir al Menú Tabla y seleccionar la opción Modificar la estructura de la tabla, en el caso del ejemplo se presento el caso de añadir un nuevo campo a la tabla. El usuario debe definir el nuevo nombre del campo, el tipo de información que almacenará este campo y la amplitud de caracteres que soportará.

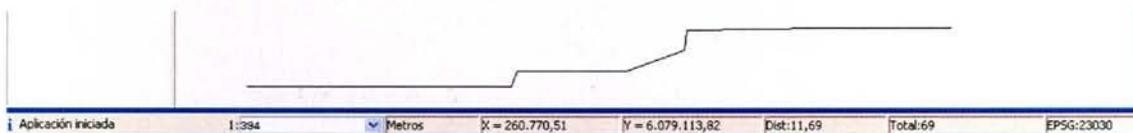


Para agregar información al nuevo campo generado, solo haga clic en la celda a completar e ingrese la información empleando el teclado.

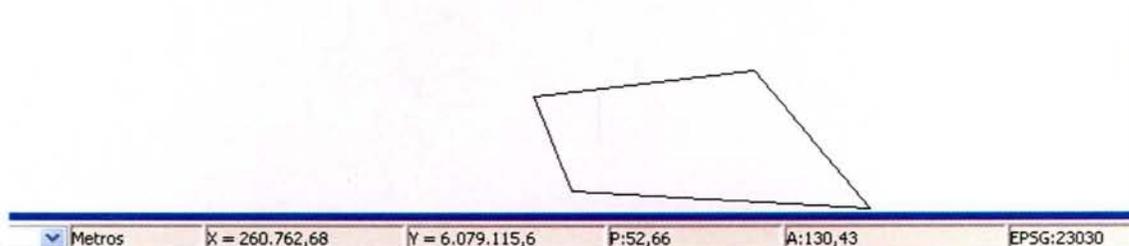


5.7. Utilidades del sistema

gvSIG presenta una gran cantidad de herramientas y utilidades para que los usuarios las exploten. Se mencionarán aquí solo las más comunes: Medir distancias y Medir áreas. Para medir distancia, se debe dirigir a la barra de herramientas y presionar el botón  Medir distancia, con el botón del lado izquierdo del ratón indique tantos clic como vértices tenga la ruta a medir, para finalizar la medición haga doble clic. El sistema entregara el resultado de la medición en la zona baja de la pantalla.



En el caso que se desee medir superficies, el protocolo es similar, solo cambia el botón  que se debe emplear. Los resultados son entregados en la misma zona que en el caso anterior.



5.8. Gestionar Archivos de Proyectos

Si el usuario a trabajado bastante sobre una Vista y desea que esas acciones no se pierdan cuando abandone la sesión de trabajo, gvSIG, permite guardar las vistas y personalizaciones empleando archivos de proyecto. Para esto, vaya al Menú Archivo y seleccione la opción Guardar proyecto. Seleccione una carpeta de destino e indique un nombre para el proyecto.



Ahora cuando desee trabajar nuevamente en esa sesión, al inicio del programa, dirijase al Menú Archivo y seleccione la opción Abrir Proyecto, busque el documento guardado anteriormente y presione el botón Abrir.



ANEXO 3

edSEPOR

Comisión Nacional de Riego
Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología
Servicio de Programación y Optimización del Uso del Agua de Riego

Manual de Uso

edSEPOR-WEB versión 2.1.2

GNU GPL ver. 3 / Licencia Atribución 2.0 Chile de Creative Commons

Índice

1. Introducción	pág. 3
2. Instalación	pág. 4
1. Copia de Archivos	pág. 4
2. Creación de la Base de Datos	pág. 4
3. Configuración de las Bases de Datos	pág. 4
4. Configuración del Path de PEAR	pág. 6
5. Configuración de SSL	pág. 6
3. Interfaz de Administración	
1. Usuarios	pág. 7
2. Estaciones	pág. 7
3. Flujo de Datos	pág. 8
4. Estadísticas	pág. 8
5. Gráficos	pág. 8
6. Email	pág. 8
7. Configuración	pág. 8
8. Bitácora	pág. 8
9. Blog	pág. 8
4. Interfaz de Usuario	
1. Página Sistema	pág. 9
2. Página Estaciones	pág. 11
3. Página Variables	pág. 12
4. Página Histórico	pág. 13
4.1 Descarga de Datos	pág. 14
4.2 Comparación de Datos	pág. 16
5. Página Boletines	pág. 17
6. Página Prog. De Riego	pág. 17
7. Página Mis Datos	pág. 19

Introducción

edSEPOR-WEB ver. 2.2.1 es una plataforma web desarrollada por Rodrigo Aguilar Saavedra (raguilar.ibi@gmail.com) para el proyecto SEPOR del Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Universidad de Talca financiado por la Comisión Nacional de Riego (CNR) del Gobierno de Chile.

edSEPOR-WEB ver. 2.2.1 permite la visualización de los datos agroclimatológicos obtenidos desde las estaciones meteorológicas, realizar una programación de riego personalizada, verificar la disponibilidad de los datos, administrar los usuarios que ingresan al sistema, descargar datos en hojas de cálculo, visualizar los datos en interactivos gráficos, descargar boletines semanales en formato pdf, entre otras actividades.

edSEPOR-WEB ver 2.2.1 está diseñado en PHP y JavaScript, utilizando una base de datos MySQL.

Para el desarrollo de esta plataforma sólo se utilizaron herramientas de Software Libre como Quanta 3.5.9, Apache 2.2.9, PHP 5.2.6, MySQL 5.0.5, GIMP 2.4.7, Inkscape 0.46, bajo Debian GNU/Linux 5.0.

Instalación

Para la instalación de edSEPOR-WEB se debe contar con un servidor web con PHP 4 o superior, un servicio de envío de correo electrónico en el mismo servidor (por la utilización de la función mail() de PHP), MySQL 5 y opcionalmente SSL. Además deberá tener los antecedentes de la base de datos que contiene los datos agroclimáticos (la que utiliza edSEPOR) para poder realizar la configuración (IP servidor, nombre de usuario, contraseña y nombre de la base de datos).

1. Copia de los Archivos

En primer lugar debe copiar los archivos fuentes de la plataforma a su servidor web, manteniendo los permisos de los archivos. De todas formas, en pasos más adelante se mostrará cuáles son los archivos importantes en la configuración que atributos de permisos deberán tener.

2. Creación de la base de datos

Dentro del directorio de los archivos fuente de la plataforma existe un archivo llamado base_de_datos.sql que contiene todas las tablas necesarias para el funcionamiento de edSEPOR-WEB.

Para ejecutarlo ingrese a MySQL con su nombre de usuario y contraseña y ejecute el comando: source RUTA/base_de_datos.sql, donde RUTA es la ruta donde se encuentra el archivo dentro del servidor. Con esto, se habrá creado una base de datos, de nombre edseporweb, y además el primer usuario del sistema.

3. Configuración de las bases de datos

edSEPOR-WEB da la posibilidad de que las bases de datos puedan estar situadas en otros servidores, gracias a los archivos de configuración.

Estos archivos se encuentran en el directorio raíz de la plataforma.

El primero de ellos es aut_config.inc.php:

```
<?php
$sql_host = 'localhost';
$sql_usuario = 'root';
$sql_pass = 'debian';
$sql_db = 'edseporweb';
$sql_tabla = 'usuarios';
?>
```

Este archivo guarda la configuración de la base de datos de usuarios (la que fue creada en el paso 2). A continuación se explicará cada una de las variables del archivo y se destacará la palabra a modificar.

- **localhost**: deberá poner la IP del servidor donde creó la base de datos, si es el mismo servidor en cual esta montando la plataforma déjelo tal cual.

- **root**: deberá poner el nombre del usuario de la base de datos.

- **edseporweb**: es el nombre de la base de datos, si no cambió el archivo de creación de la base de datos déjelo tal cual.

- **usuarios**: es el nombre de la tabla en la base de datos donde se guardan los datos de los usuarios. Si no modificó el nombre de la tabla en el archivo de creación de la base de datos déjelo tal cual.

El segundo archivo de configuración es config.inc.php:

```
<?php
$sql_host_datos = 'server.cl:3306';
$sql_usuario_datos = 'root';
$sql_pass_datos = 'debian';
$sql_db_datos = 'bbdd';
?>
```

Este archivo guarda la configuración de la base de datos de datos agroclimatológicos (la que utiliza edSEPOR)

- **server.cl:3306**: es la dirección IP o el nombre host del servidor que contiene la base de datos, si es necesario especifique el puerto como el ejemplo.

- **root** : es el nombre de usuario de la base de datos.

- **debian** : es la contraseña del usuario de la base de datos.

- **bbdd** : es el nombre de la base de datos de datos agroclimatológicos.

Estas configuraciones se realizan una sola vez, sin embargo es posible cambiarlas a través de la plataforma web. Para ello estos archivos deben tener permiso de escritura para el usuario designado al servidor web.

4. Configuración del path de PEAR

PEAR es un conjunto de aplicaciones para PHP, no todos los servidores web tiene instalado PEAR, por lo que el sistema trae su propia instalación de PEAR con el fin de que no se tenga que intervenir mayormente el servidor web. Para configurarlo debe haber subido todos los archivos a su

servidor y a través de un navegador web ejecutar el archivo ruta.actual.php y copiar la ruta que aparecerá en la página web.

La ruta debe estar configurada en el archivo path.pear.inc.php:

`define('PATH_PEAR','xxxxxx');`, donde xxxxxx es la ruta que se copió desde la página web anterior (ruta.actual.php).

5. Configuración de SSL (opcional)

Si el servidor tiene implementado SSL puede activarlo en el sistema desde el archivo router.script.php en la definición de USE_SSL cambiarlo a "on".

Interfaz de Administración

El primer usuario, que se agrega por defecto al instalar la base de datos, es "Administrador General" (RUT: 1.111.111-1, Clave: admin), el cual tiene todos los privilegios para poder configurar el sistema. Al iniciar sesión con este usuario Ud. verá lo siguiente.



1. Usuarios



En esta sección Ud. podrá agregar, borrar y editar los datos de los usuarios del sistema.

En la opción Agregar se puede añadir un nuevo usuario al sistema agregando los datos personales RUT (con formato 1.234.567-8), Nombre, Contraseña (mínimo 4 caracteres) y correo electrónico de contacto. El usuario creado no tiene permisos para visualizar ninguna de las estaciones del sistema, por lo cual deberá editarlo.

En la opción Editar se pueden editar los datos de los usuarios, los permisos de visualización de datos de estaciones (datos actuales y datos históricos) y los permisos de administrador.

En la opción borrar se pueden borrar los usuarios irrevocablemente por lo que debe tener cuidado al borrar un archivo.



2. Estaciones

En esta opción puede agregar, editar y borrar estaciones meteorológicas del sistema, pero debido a que esta plataforma trabaja en conjunto con el sistema edSEPOR de escritorio todos los cambios que se realicen en esta plataforma también se deben hacer en edSEPOR.



3. Flujo de Datos

Elegiendo esta opción se puede ver cuales han sido los últimos datos descargados de cada una de las estaciones, sirve principalmente para observar que la descarga se está realizando correctamente para cada una de las estaciones



4. Estadísticas

En esta opción podrá observar como ha sido el uso del sistema por parte de los usuarios, es decir a que secciones an ingresado más o cuales son las que más utilizan. Además permite ver de forma más global la cantidad de visitas por día y mes.



5. Gráficos

Con esta alternativa podrá configurar las opciones visuales de los gráficos, cambiar los colores, la cantidad de datos a mostrar o los decimales.



6. Email

Desde aquí los administradores pueden enviar correos electrónicos a los e-mail registrados de los usuarios del sistema.



7. Configuración

Ingresando aquí podrá cambiar el mensaje de la página principal (el que aparece en la columna derecha), activar o desactivar el ingreso al sistema, cambiar las configuraciones de las bases de datos sin editar directamente los archivos de configuración. Además de realizar las configuraciones para el envío de correo electrónico.



8. Bitácora

Esta opción es para llevar un registro de la actividad de los usuarios del sistema, principalmente de los administradores. En la bitácora queda reflejado cada uno de los cambios de configuración que se realizan al sistema, así como el ingreso y salida del mismo por parte de todos los usuarios.



9. Blog

Cuando un usuario ingresa al sistema la primera página que ve es la página de informaciones (blog). Al igual que un blog, los administradores podrán ingresar, editar o borrar entradas a modo de información para los usuarios, las que verán cada vez en su ingreso.

Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario proporciona rápido acceso a cada una de las secciones del sistema.

1. Página Sistema:

The screenshot shows the edSEPOR-WEB user interface. At the top, there is a header with the logo 'edSEPOR-WEB versión 2.1.2 beta' and 'Última Visita 2009-05-26 08:52:40'. Below the header is a navigation menu with links: 'Administración', 'Sistema', 'Estaciones', 'Variables', 'Histórico', 'Boletines', and 'Prog. de Riego'. The main content area is divided into three columns. The left column, labeled 'B', is titled 'Estaciones' and lists various meteorological stations. The middle column, labeled 'C', is titled 'Sistema edSEPOR-WEB' and contains a news article about a project transfer. The right column, labeled 'D', contains three weather-related widgets: 'Temperatura Actual', 'Precipitación Actual', and 'Humedad Relativa Actual'. A callout box labeled 'A' points to the navigation menu.

Para poder explicar mejor el funcionamiento y cada una de las partes del sistema, hemos separado la interfaz en cuatro cuerpos:

Menú Principal (Cuerpo A): como su nombre lo dice es el menú más importante, ya que desde este puede acceder a todas las secciones del sistema con las cuales cuenta con autorización. Si el usuario con el que ingresó tiene permisos de administración verá como primera opción el enlace "Administración" (al hacer clic en el se mostrará el panel de administración del sistema) de lo contrario el primer enlace será "Sistema". Al hacer clic sobre "Sistema" el usuario se dirigirá a la página principal de edSEPOR (la que muestra la imagen).

El siguiente enlace es "Estaciones", al poner el cursor sobre este enlace se desplegarán todas las estaciones meteorológicas que tiene autorizadas para ver, y al hacer clic sobre el nombre de una estación se dirigirá a la página resumen de la estación.

El siguiente enlace es "Variables", al poner el cursor sobre este enlace se desplegarán las variables disponibles de consultar. Hasta la versión actual las variables disponibles son: Evapotranspiración de Referencia, Horas Frío, Grados Día, Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa, Radiación

Solar, Velocidad de Viento y Dirección de Viento. Al hacer clic sobre una de estas variables verá una lista con las estaciones posibles de consultar para esa variable.

El siguiente enlace es “Historico”, aquí se puede hacer la consulta de datos históricos (datos que ya no están visibles o que son de temporadas pasadas) seleccionando la variable que se quiere consultar.

El siguiente enlace es “Boletines” puede ingresar a la página de las estaciones disponibles para acceder a los boletines semanales. Al poner el cursor sobre este enlace se desplegará la lista de estaciones disponibles.

El último enlace es “Prog. de Riego”, con este enlace se puede dirigir a la página de programación de riego, además si pone el cursor sobre este enlace se desplegarán los accesos a las otras secciones de programación de riego.

Menú de Estaciones (Cuerpo B): en este menú se encuentran los accesos a las variables de las estaciones que el usuario tiene autorizadas. Al hacer clic sobre el nombre de la estación se desplegarán los nombres de las variables posibles de consultar, al hacer clic sobre una de ellas llevarán al usuario a la página de la variable correspondiente.

Noticias y Avisos (Cuerpo C): en este lugar de la página se irá colocando las informaciones relevantes al sistema, noticias referentes al proyecto y cualquier otro tipo de información que los administradores estimen convenientes, por lo que es recomendable detenerse a leer si es que hay algo nuevo una vez ingresado al sistema.

Datos Actuales (Cuerpo D): en este lugar se puede apreciar los últimos datos descargados de cada estación autorizada para cada uno de los datos.

Los Cuerpos C y D, sólo son visibles como tal en la página de bienvenida (“Sistema”), en las otras páginas ambos conforman un cuerpo.

Desde ahora en adelante sólo se explicará el contenido del Cuerpo CD (Cuerpos C y D juntos) ya que el Cuerpo A y B son iguales en todas las páginas.

2. Página Estaciones

edSEPOR-WEB versión 2.1.2 beta
Última Visita 2009-05-26 08:52:40
Administración Mis Datos Salir

Administración Sistema Estaciones Variables Histórico Boletines Prog. de Riego

Estaciones Meteorológicas Automáticas

Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) corresponden a un equipamiento Meteorológico, con variadas marcas disponibles en el mercado y de operación autónoma (no requiere energía externa para funcionar). Dicho equipo, integra un conjunto de sensores (según lo que se requiera medir) en un mástil de aluminio. Una EMA básica, integra los siguientes componentes: Dispositivo de acumulación y transmisión de de datos con batería recargable por panel solar y sensores para determinar parámetros climáticos tales como: **Radiación Solar, Temperatura, Humedad Relativa, Precipitación, Velocidad del Viento y Dirección del Viento.**

Estaciones Disponibles

Para poder visualizar los datos debe escoger una de las Estaciones Meteorológicas Automáticas de la lista.

A esta página se puede acceder desde el menú principal en la opción "Estaciones".

Si se hace clic sobre el enlace "Estaciones" aparecerá la página que se muestra en la imagen, si hace clic sobre el nombre de una de las estaciones se mostrará directamente la página de dicha estación.

Al escoger una de las estaciones de la lista, se ingresará a la página resumen con los datos de los últimos siete días, para Evapotranspiración de Referencia, Horas Frío, Grados Día, Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa y Velocidad de Viento, cada uno con sus respectivos gráficos.

3. Página Variables

edSEPOR-WEB versión 2.1.2 beta
 Última Visita 2009-05-29 09:53:46
 Administración Mis Datos Salir

Administración Sistema Estaciones Variables Histórico Boletines Prog. de Riego

Bienvenido(a): Rodrigo Aguilar Saavedra

Estaciones

- Coínco
- Coltauco (El Salco)
- Coltauco (Los Bronces)
- Longavi
- Pangulemo
- Parral
- Pelarco
- Retiro
- San Clemente (La Calor)
- San Clemente (Querí)
- San Rafael
- San Vicente

Variables

o (2009-05-29/10:00:00hrs): 11,1°C | San Clemente (La Calor) (2009-05-29/10:00:00hrs): 11,9°C | San Clemente (Q

Variables

En esta sección podrá revisar los valores de cada una de las variables que se muestra en el menú y en la tabla que está a continuación. Verá los datos a través de tablas y gráficos y según los permisos asociados a su cuenta podrá ver datos en tiempo real o datos estadísticos del día anterior.

Variables		
Evapotranspiración de Referencia	Horas Frío	Grados Día
Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa
Radiación Solar	Velocidad de Viento	Dirección de Viento

Variables Disponibles

Para poder visualizar los datos debe escoger una de las Variables de la lista.

Todos Los Derechos Reservados a **CHR** y **CITRA** 2009 | Fono: (71) 290 426
 Resolución Recomendada 1024x768 o Superior. | Diseñado por **W+NL** | XHTML 1.0 | CSS 2.0

A esta página se llega al hacer clic en el enlace “Variables” del menú principal, sin embargo al poner el cursor sobre este enlace aparecen todas las variables disponibles y su acceso puede ser directo. Una vez elegida la variable aparecerá la lista de estaciones disponibles.

Si tiene permisos para ver datos actuales (los datos de última hora del mismo día) las variables Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa, Radiación Solar, Velocidad de Viento y Dirección de Viento mostrarán los datos cada quince minutos de todo el día en una tabla, un gráfico y una caricatura dinámica. Producto de que las otras variables se calculan a partir de estadísticas diarias sólo se muestran para los últimos siete días y no para el día actual. De igual forma la marquesina superior irá mostrando el último dato descargado de cada estación y de cada variable.

4. Página Histórico

SEPOR edSEPOR-WEB versión
Última Visita 2009-05-29 09:53:46
Administración Mis Datos Salir

Administración Sistema Estaciones Variables Histórico Boletines Prog. de Riego

Historico Bienvenido(a): Rodrigo Aguilar Saavedra

Estaciones

Coinco

- Evapotranspiración de Referencia
- Horas de Frio
- Grados Día
- Temperatura
- Precipitación
- Humedad Relativa
- Radiación Solar
- Velocidad de Viento
- Dirección de Viento

Coltauco (El Sauce)

- Evapotranspiración de Referencia
- Horas de Frio
- Grados Día
- Temperatura
- Precipitación
- Humedad Relativa
- Radiación Solar
- Velocidad de Viento

Historico

); 0,3M3/m²/s | **San Clemente (La Calor)** (2009-05-29/11:00:00hrs): 0,3M3/m²/s | **San Clemente (Querí)** (2009-05-29/11:00:00hrs): 0,3M3/m²/s

Historico

En esta sección podrá buscar datos que ya no aparecen por defecto en el sistema debido a que son de fechas anteriores, verlos en tablas y gráficos con la posibilidad de descargar la tabla en una hoja de cálculo para poder visualizar los datos en Microsoft Excel u OpenOffice Calc.

Variables		
Evapotranspiración de Referencia	Grados Día	Unidades Frio
Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa
Radiación Solar	Velocidad de Viento	Dirección de Viento
	Horas Frio	

Variables Disponibles

Para poder visualizar los datos debe escoger una de las Variables de la lista.

En esta sección de edSEPOR-WEB podrá revisar los datos de las temporadas pasadas, es decir, hacer una búsqueda de los datos de su interés.

Al igual que en la página de variables deberá elegir que variable es la que desea consultar, una vez elegida verá un cuadro como el siguiente en la página.

Búsqueda de Datos

Estación Meteorológica:

Fecha Inicio:

Fecha Término:

Este cuadro sirve para buscar los datos. Deberá elegir la estación con la que realizará la búsqueda, posteriormente la fecha de inicio y luego la fecha de término. Al hacer clic sobre el cuadro de texto para poner la fecha aparecerá un calendario con el cuál podrá elegir la fecha. La fecha de inicio se refiere a la fecha con la cual quiere iniciar la búsqueda de datos, es decir el primer dato que se quiere rescatar, y la fecha de término el último dato que se quiere rescatar.

Cuando se buscan datos para Grados Día, además se puede elegir la temperatura umbral para realizar el cálculo (que por defecto es diez grados) a través de una lista desplegable que contiene las opciones disponibles.

Búsqueda de Datos

Estación Meteorológica:

Fecha Inicio:

Fecha Término:

Temperatura Umbral (°C):

Una vez finalizada la elección de la estación, las fechas y la temperatura umbral (en el caso de Grados Día) se presiona el botón buscar y aparecerá una tabla y un gráfico con los datos solicitados.

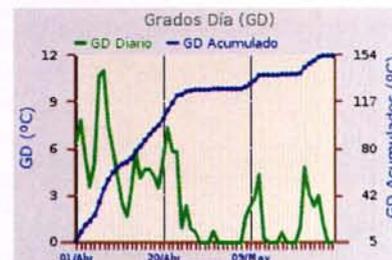


Grados Día

Se define para un periodo específico como los grados acumulados sobre una temperatura umbral (generalmente 10°C). Es decir la diferencia entre la temperatura media de un día y la temperatura umbral.

Grados Día (°C)

Fecha	Diario	Acumulado
27/05/2009	0.0°C	153.1°C
26/05/2009	0.0°C	153.1°C
25/05/2009	1.1°C	153.1°C
24/05/2009	2.9°C	152.0°C
23/05/2009	2.2°C	149.1°C
22/05/2009	2.9°C	146.8°C
21/05/2009	4.6°C	143.9°C
20/05/2009	0.8°C	139.3°C



Agrandar gráfico

 Descargue una Hoja de Cálculo con los Datos.

Una parte importante de la búsqueda de datos es que permite descargar los datos directamente a una hoja de cálculos para poder visualizarla en OpenOffice Calc o Microsoft Excel, para ello sólo debe hacer clic sobre "Descargue una Hoja de Cálculo con los Datos." y automáticamente aparecerá el cuadro de diálogo de su navegador con la descarga.

4.1 Descarga de Datos

Otra de las opciones de edSEPOR-WEB es poder descargar los datos directamente en una hoja de cálculos, seleccionando la frecuencia de los datos

y las variables que se desean incluir en el archivo. De esta forma podrá descargar un gran volumen de datos en un solo archivo para alguna estación determinada.

Intervalo de tiempo entre datos

Intervalo:

Variables

Evapotranspiración de Referencia:	<input type="checkbox"/>
Grados Día:	<input type="checkbox"/>
Horas Frío:	<input type="checkbox"/>
Unidades Frío:	<input type="checkbox"/>
Temperatura:	<input type="checkbox"/>
Precipitación:	<input type="checkbox"/>
Humedad Relativa:	<input type="checkbox"/>
Velocidad de Viento:	<input type="checkbox"/>
Radiación Solar:	<input type="checkbox"/>
Dirección de Viento:	<input type="checkbox"/>

Estación Meteorológica y Fechas

Estación Meteorológica



Con tan sólo seleccionar las variables deseadas, la estación y el rango de fechas se generará automáticamente un archivo para su descarga.

Su archivo a sido creado.

[Descargue AQUI](#)

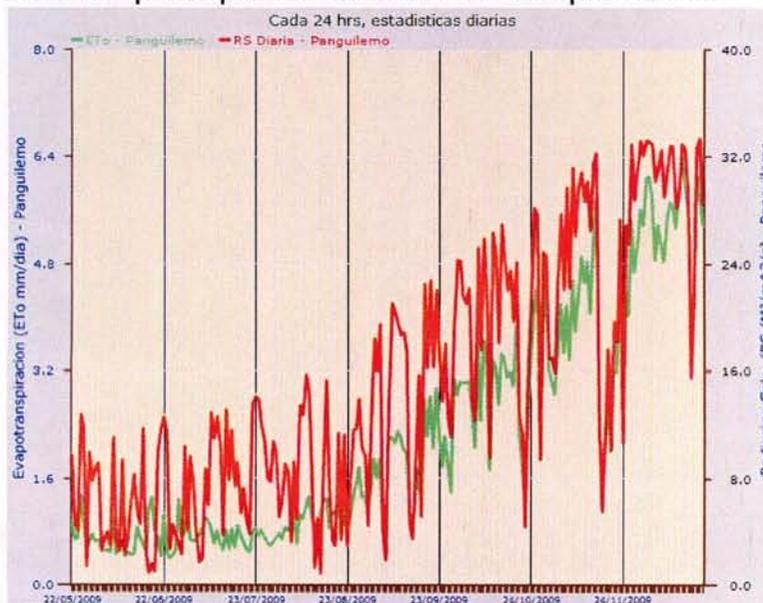
Este proceso lo podrá repetir las veces que desee.

4.2 Comparación de Datos

Para poder comparar los datos de temporadas pasadas o simplemente cruzar datos de distintas variables para una o dos estaciones, la sección de Comparación de Datos es ideal.

Variable 1	Variable 2
Evapotranspiración ▾	Evapotranspiración ▾
Estación Meteorológica 1	Estación Meteorológica 2
Estación Meteorológica	Estación Meteorológica
Longavi ▾ <input checked="" type="checkbox"/>	Longavi ▾ <input checked="" type="checkbox"/>
Fechas	
Fecha Inicio:	22 ▾ Dic ▾ 2009 ▾ 22/12/2009
Fecha Término:	22 ▾ Dic ▾ 2009 ▾ 22/12/2009
<input type="button" value="Generar Gráfico"/>	

Una vez elegidas todas la opciones del comparador de datos (Variables, Estaciones y rango de fechas), ud. podrá observar un gráfico dinámico con las variables seleccionadas para poder realizar la comparación.



5. Página Boletines

The screenshot shows the edSEPOR-WEB interface. At the top, it displays the logo for edSEPOR-WEB (versión 2.1.2 beta) and the user's last visit information (Última Visita 2009-05-20 09:53:46). Below the logo is a navigation menu with options: Administración, Sistema, Estaciones, Variables, Histórico, Boletines, and Prog. de Riego. The main content area is titled 'Boletines Agrometeorológicos Semanales'. It features a sidebar on the left with a list of stations: Coinco, Coltauco (El Sauce), Coltauco (Los Bronces), Longavi, Panguilemo, Parral, Pelarco, Retiro, San Clemente (La Calor), San Clemente (Querí), San Rafael, and San Vicente. The main content area includes a heading 'Boletines Agrometeorológicos Semanales' with a sub-heading 'Boletines Agrometeorológicos Semanales'. Below this is a text block: 'Todas las Semanas, podrá descargar un nuevo Boletín Agrometeorológico con el resumen de Temperatura, Humedad Relativa, Precipitaciones, Evapotranspiración, Grados Días y Horas de Frio de la semana recién pasada para cada una de las Estaciones.' To the right of this text is a section titled 'Estaciones Disponibles' with the instruction: 'Para poder visualizar los boletines debe escoger una de las Estaciones Meteorológicas Automáticas de la lista.' Below the text is a list of stations: Coinco, Coltauco (El Sauce), Coltauco (Los Bronces), Longavi, Panguilemo, Parral, and Pelarco.

En esta sección se podrá descargar los boletines de cada una de las estaciones con el resumen semanal de los datos. Cada día lunes se generará un nuevo boletín de la semana anterior en formato HTML (una página web) y en PDF (descargable para imprimir) para cada una de las estaciones.

6. Página Programación de Riego

The screenshot shows the 'Programación de Riego' section of the edSEPOR-WEB interface. On the left is a sidebar with a list of stations: Coinco, Coltauco (El Sauce), Coltauco (Los Bronces), Longavi, Panguilemo, Parral, Pelarco, Retiro, San Clemente (La Calor), San Clemente (Querí), San Rafael, and San Vicente. The main content area is titled 'Programación de Riego'. It features a heading 'Programación de Riego' with a sub-heading 'Programación de Riego'. Below this is a text block: 'Cree una instancia de Cultivo seleccionando uno de los cultivos que tenemos disponibles para realizar la programación de riego, cree una instancia de variedad del cultivo elegido ingresando el nombre de su variedad y posteriormente ingrese un nuevo cuartel para esa variedad. Así ya estará en condiciones de poder ingresar sus datos para realizar la programación de riego.' Below the text are three buttons: 'CULTIVO', 'VARIEDAD', and 'CUARTEL'.

A esta sección se accede haciendo clic en el enlace del menú principal "Prog. de Riego".

La programación de riego a través de este sistema se realiza en tres etapas debido a que se necesita personalizar lo más posible las instancias de

riego para cada uno de los usuarios, además de las configuraciones realizadas queden registradas en el sistema para recordarlas en su próximo ingreso.

6.1 Cultivo: Al hacer clic sobre el botón “CULTIVO” se dirigirá a la página donde se definen los cultivos. Actualmente el sistema cuenta con una gran variedad de cultivos para ingresar, los cuales deberá elegir de la lista y posteriormente pulsar el botón “Agregar”. Una vez hecho esto el nuevo cultivo ingresado aparecerá abajo del cuadro de ingreso. También puede borrar desde aquí sus cultivos haciendo clic sobre [borrar] al lado derecho del respectivo nombre. Debe tener precaución al borrar un cultivo puesto que si ese este tiene variedades y cuarteles asignados estos se perderán.

6.2 Variedad: Cada cultivo puede tener distintas variedades, las cuales deben ser ingresadas por medio de esta sección. Al hacer clic sobre “VARIEDAD” aparecerá un cuadro con una lista desplegable donde estarán todos sus cultivos ingresados con anterioridad y un cuadro de texto para ingresar el nombre de la variedad respectiva, una vez elegido el cultivo e ingresado el nombre de la variedad debe pulsar el botón “Agregar”, con lo que automáticamente aparecerá el nombre de la nueva variedad ingresada debajo del cuadro. También puede borrar sus variedades ingresadas haciendo clic en [borrar] debajo de cada una, sin embargo debe tener precaución debido que esto también borrara los cuarteles asignados a esa variedad.

6.3 Cuartel: Similar que el ingreso de variedades, al hacer clic en el botón “CUARTEL” podrá ver el cuadro con la lista desplegable de los cultivos con sus respectivas variedades (fijese que tienen números ID, con los cuales podrá identificar a cultivo/variedad se refiere) y el cuadro de texto para poner un nombre al cuartel. Una vez completados los datos se pulsa el botón “Agregar” y el nuevo cuartel aparecerá bajo el cuadro de ingreso. Si se desea borrar un cuartel basta con hacer clic sobre [borrar] debajo del mismo (esto hará que se pierdan todas las configuraciones del cuartel en cuestión).

Ahora que se tiene ingresados los cultivos, variedades y cuarteles respectivos se puede realizar la programación del riego de forma individual para cada cuartel.

Para ingresar a la programación personalizada debe poner el cursor sobre “Prog. de Riego” y luego hacer clic en “Mi Programación”.

6.4 Mi Programación: Al ingresar a esta sección verá todos los cuarteles ingresados con anterioridad. Al hacer clic sobre el nombre de un cuartel ingresará a la programación de riego de este.

En el primer ingreso no se desplegará mucha información debido a que aun no se configura las características del cuartel, para ello debe hacer clic en “Características del Cuartel” con lo que se desplegará el cuadro de configuración.

Lo primero que debe hacer es elegir la estación meteorológica que usará como unidad de referencia, luego deberá ingresar las propiedades del cuartel, las propiedades del suelo hasta un máximo de tres estratas, las propiedades del sistema de riego, los coeficientes de cultivo (K_c), y la configuración de la tabla de programación de riego.

Para ingresar los coeficientes de cultivo (K_c) debe ingresar primero el valor y luego la fecha en la que comienza el estado fenológico (estimada) correspondiente a ese K_c . Debe ingresarlos en orden desde la fecha más cercana a la más lejana. Si no conoce los K_c para su cultivo puede utilizar los que se muestran en la tabla “Coeficientes de Cultivo Referenciales”.

Una vez que se han ingresado todos los datos se presiona el botón “Guardar Datos” y automáticamente se generará la tabla con la programación del riego.

Debe tener en cuenta que desde ahora los datos quedan almacenados en el sistema, por lo que no tendrá que volverlos a ingresar (al menos que quiera actualizarlos), solo deberá ingresar a “Prog. de Riego” → “Mi Programación” en el menú principal, elegir el cuartel que desea observar y obtendrá la tabla de programación de riego con los datos guardados.

7. Página Mis Datos

En el Cuerpo A, en la esquina superior derecha existe el enlace “Mis Datos”, al hacer clic en él se dirigirá a la página donde podrá cambiar su contraseña, su nombre y su correo electrónico de contacto.

ANEXO 4

Boletines (en respaldo digital)

Cartillas (en respaldo digital)

Artículos (en respaldo digital)

ANEXO 5

Informe de investigación

Unidades agroclimáticas de validación (UAV).

Introducción

El proyecto SEPOR, se presenta con el objetivo de la optimización técnica y económica del uso del agua de riego, mediante la puesta a disposición de los agricultores de un sistema de información en tiempo real de dosis y frecuencias de riego, orientado a satisfacer y regular eficientemente, en cantidad y oportunidad, los requerimientos de agua de los cultivos, en las diferentes etapas de su desarrollo en las áreas regadas de la Segunda sección del río Cachapoal en la VI Región y del Canal Maule Norte y Río Longaví en la VII Región. Para esto y con el fin de evaluar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica, sobre la producción y calidad de distintos huertos comerciales ubicados en las diferentes zonas de influencia de las juntas de vigilancia, es que se realizaron diferentes ensayos para estimar las necesidades de los cultivos asociados a cada área agroclimática, los que fueron definidos como Unidades Agroclimáticas de Validación (UAV).

En estas Unidades, se realizó la calibración de los coeficientes de cultivo (K_c) para las distintas especies seleccionadas. Para lo cuál se estableció un diseño completamente al azar, donde se evaluaron cinco niveles de reposición hídrica, 50, 75, 100, 125 y 150% del riego aplicado por el productor (según la programación de riego entregada). Así, el diseño generó un total de cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. A su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta en algunos casos por tres y en otros por cuatro plantas. En el caso del ensayo de Uva de mesa Thompson Seedless los tratamientos fueron reducidos a tres (63,100 y 138%). En el ensayo de olivo, cultivar Arbequina, se realizó un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron seis niveles de reposición hídrica entre inicio de endurecimiento de carozo y cosecha de 30, 60, 80 y 100% de la evapotranspiración real del olivo (ET_{real}) y un control con el riego aplicado por la empresa. Así, el diseño generó un total de seis tratamientos con tres repeticiones cada uno. Mientras que en la vid vinífera se estableció un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron cuatro diferentes estrategias de riego, en los períodos de cuaja y pinta, con tres repeticiones cada una.

Los requerimientos hídricos de las plantas, fueron estimados a partir de la evapotranspiración de referencia (ET_r), usando datos provenientes de las estaciones

meteorológicas automáticas (EMAs) asociadas al ensayo, las cuales miden variables como temperatura, humedad relativa, precipitaciones, radiación solar y velocidad del viento.

Por último para evaluar el efecto de los distintos niveles de reposición hídrica sobre parámetros de estudio, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y en los casos donde este resultó significativo se realizó el test estadístico LSD con un nivel de confianza de un 95% para la separación de las medias de los tratamientos.

1. Ensayo Tomate Industrial

1.1. Introducción

Debido al continuo crecimiento de la población mundial y a las limitaciones de la superficie y del agua disponible para producir los alimentos que demanda dicha población, es cada vez más necesario que la agricultura presente altos niveles de productividad con una maximización en la eficiencia del uso de los recursos hídricos (Postel *et al.*, 1998; Zegbe *et al.*, 2004). Además, existen antecedentes de que el calentamiento global generado en gran medida por el consumo principalmente de combustibles fósiles, provocaría diversos efectos adversos que limitarían aún más los recursos de agua disponible para la agricultura. En la zona central de nuestro país, estos efectos se traducirían en una disminución de las precipitaciones a lo que se sumaría el efecto esporádico que causaría el fenómeno de “La Niña” (Santibáñez y Santibáñez, 2007).

En particular, en Chile, durante las últimas temporadas agrícolas, el cultivo de tomate industrial ha ocupado una superficie que bordea las 7 mil hectáreas, las cuales se concentran mayoritariamente entre las regiones de O’Higgins y del Maule con alrededor del 29% y el 65% de la superficie respectivamente (Neumann, 2007). El consumo de frutos de tomate, así como de sus derivados industriales, ha sido asociado a múltiples beneficios sobre la salud otorgados principalmente por los contenidos de vitamina C y los altos contenidos de carotenoides principalmente B-caroteno y Licopeno que podrían provocar una disminución del riesgo de contraer ciertos tipos de cáncer (Favatti *et al.*, 2009). La composición final de los frutos varía de acuerdo a diversos factores genéticos, ambientales

y de la etapa de madurez (Javanmardi and Kubota, 2008). Además, prácticas como el manejo del riego, pueden afectar el contenido final de estos componentes en los frutos (Dumas *et al.*, 2003). En este sentido, la aplicación de un riego controlado aparece como una práctica que aparentemente beneficia la calidad nutricional de los frutos (Favatti *et al.*, 2009). La aplicación excesiva de agua podría provocar problemas de lixiviación de nutrientes, limitar la difusión de oxígeno a las raíces y favorecer las pudriciones y el desarrollo de enfermedades fungosas junto con afectar la calidad industrial final de los frutos. Por otro lado, una disminución del recurso hídrico en periodos de crecimiento, floración y desarrollo de frutos, puede afectar negativamente el crecimiento vegetativo, y provocar reducciones en el rendimiento final, además de favorecer el desarrollo de enfermedades (González y Ruz, 1999; Henríquez, 2001; Favati *et al.*, 2009).

Para disminuir los problemas ocasionados por una mala aplicación de riego, se hace indispensable efectuar una correcta programación (frecuencia y tiempo de riego) a fin de reponer de manera más oportuna y adecuada las necesidades hídricas del cultivo. Sin embargo, para realizar una eficiente programación del riego, es necesario contar con información respecto a la evapotranspiración actual del cultivo (ETa) (Hanson y May, 2006) la cual puede ser calculada usando el método propuesto por “La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación” (FAO) conocido como método FAO-56 donde a través de mediciones agroclimáticas capturadas mediante una estación meteorológica automática (EMA) se determina una evapotranspiración sobre un cultivo de referencia (ETr) la que es ajustada por un coeficiente de cultivo (Kc) (Allen *et al.*, 1998). El Kc varía de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo y depende de las condiciones de suelo y clima (Oliosio *et al.*, 2005; Henríquez, 2001). Debido a que los coeficientes Kc deben ser ajustados localmente, los mayores errores de esta metodología están asociados al uso generalizado y a la utilización de valores de coeficientes extraídos desde estudios extranjeros (Ortega-Farias *et al.*, 2003).

Por lo tanto, es necesario calibrar localmente los coeficientes Kc, a fin de obtener una herramienta de programación de riego más ajustada que permita obtener la mejor combinación entre rendimiento y calidad (Favati *et al.*, 2009) a la vez que se podrían obtener importantes ahorros de agua y energía.

En este sentido se han desarrollado estudios que buscan ajustar estos coeficientes bajo distintas condiciones. Amayreh y Al-Abed (2005), en Jordania, desarrollaron coeficientes de cultivo para tomates regados por un sistema de goteo bajo mulch mediante la tasa entre la ETa medida por un sistema de flujos turbulentos (Eddy covariance) y la ETr estimada de acuerdo al método FAO-56, encontrando un Kc promedio para la temporada de 0,69. Por su parte, Hanson y May (2006) determinaron coeficientes de cultivo en el valle de San Joaquin (California) para tomate industrial regado por goteo. En este estudio se utilizó la tasa entre ETa medida con un sistema de Bowen y la ETr estimada de acuerdo al método FAO-56, determinando coeficientes que variaron desde 0,19 a 1,08 desde 10% de cobertura del follaje hasta que este excedía el 90% respectivamente.

Un trabajo desarrollado en el CITRA (Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología) de la Universidad de Talca, indicó que los coeficientes Kc para tomate industrial estaban en un rango de 0,79 en trasplante hasta 1,24 en el periodo de maduración (Henríquez, 2001).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de distintos niveles de reposición hídrica sobre los componentes del rendimiento y factores de calidad de tomate industrial, con el fin de generar un ajuste local de los coeficientes de cultivo (Kc) durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo.

1.2. Metodología y pauta de trabajo

Para evaluar el efecto de cinco láminas de riego (riego por surcos) sobre el rendimiento y factores de calidad de tomate industrial, parcelas experimentales fueron establecidas en la región del Maule (San Clemente) en las temporadas 2007-2008 y 2008-2009. Para esto se realizaron ensayos, con un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada tratamiento consistió en aplicar un porcentaje de la evapotranspiración actual (ETa) del tomate (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Tratamientos de riego ensayos Tomate industrial. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	Reposición Hídrica (%)
T0	100% ETa
T1	50% ETa
T2	75% ETa
T3	125% ETa
T4	150% ETa

La evapotranspiración actual fue calculada en base a la siguiente expresión:

$$ETa = ETr * Kc \quad (1)$$

donde: ETa= evapotranspiración actual (mm día⁻¹); ETr= evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹); Kc= coeficiente de cultivo.

La ETr fue calculada en base a la ecuación de Penman-Monteith, la cual utiliza como variables de entrada información climática medida desde estaciones meteorológicas automáticas (EMAs). La ecuación queda descrita como:

$$ETr = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

donde: ETr= evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹); R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻²día⁻¹); G= flujo de calor latente (MJ m⁻²día⁻¹); T= temperatura media del aire a 2 m de altura (°C); U₂= velocidad media del viento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s= presión de vapor de saturación (KPa); e_a= presión real de vapor (KPa); e_s - e_a= déficit de presión de vapor (KPa); Δ= pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C⁻¹); γ = constante psicrométrica (Kpa °C⁻¹).

La estación utilizada en estos ensayos, se ubicó en el sector de “La Calor”, comuna de San Clemente (Figura 1.1).



Figura 1.1. Estación meteorológica automática (EMA) ubicada en condiciones de referencia en el sector de “La calor”. San Clemente, región del Maule.

Los coeficientes de cultivo del tomate industrial, utilizados en este estudio, para cada período fenológico se describen en el Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Coeficientes de cultivo (Kc) para Tomate industrial.

Estado Fenológico	Kc
Trasplante	0,79
5-6 brotes por planta	0,89
1er racimo con flores	0,89
1er fruto	0,89
50% de floración	1,07
Fin de floración	1,07
Inicio de madurez	1,24
10% fruto rojo	1,24
25% fruto rojo	1,24
50% fruto rojo	1,24
Madurez de cosecha	1,12

Fuente: Henríquez, 2001.

Para determinar la frecuencia de los riegos, se realizaron las siguientes ecuaciones:

$$Fr = \frac{Ln}{ETa} \quad (3)$$

donde Fr = frecuencia de riego (días), Ln = lámina neta (mm) y ETa = evapotranspiración actual (mm día^{-1}).

Para determinar la Ln se utilizó la ecuación:

$$Ln = Ce \times Cr \quad (4)$$

donde Ce = capacidad de estanque (mm) y Cr = criterio de riego (fracción).

La Ce se determinó mediante la expresión:

$$Ce = \frac{(CC - PMP)}{100} \times Pe \quad (5)$$

donde: CC = contenido volumétrico de agua en el suelo a capacidad de campo (%); PMP = contenido volumétrico de agua en el suelo a punto de marchitez permanente (%); Pe = profundidad efectiva de raíces.

Para determinar la profundidad efectiva de raíces, se efectuaron calicatas dentro de la zona de los ensayos (Figura 1.2).



Figura 1.2. Calicata para determinar profundidad de raíces, ensayos Tomate industrial. San Clemente, Región del Maule.

Para determinar la textura y las propiedades físico-hídricas de los suelos, se tomó una muestra representativa de los primeros 20 cm de suelo del sector de los ensayos a las cuales se les determino sus contenidos de arena, limo y arcilla con lo que se establece su CC y su PMP mediante el software SPAWhidrology.

Para establecer la velocidad de infiltración e infiltración acumulada, usadas en la programación de riego, se utilizó el método de surcos infiltrómetros con aforadores Washington State College (WSC) (Figura 1.3).

Para realizar esta prueba se escoge 1 surco el cual será regado (Figura 1.3 a). Los aforadores son ubicados en la entrada y la salida del surco escogido (Figura 1.3 b y c). La base de los aforadores debe quedar en nivel con el surco. Una vez que el agua llega al aforador de salida, se mide periódicamente la altura de salida (Figura 1.3 d). Los intervalos de tiempo de la medición son 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 25, 35, 45 minutos, hasta que la altura de salida se estabiliza. Durante este tiempo se debe cuidar que la altura de entrada se mantenga constante.

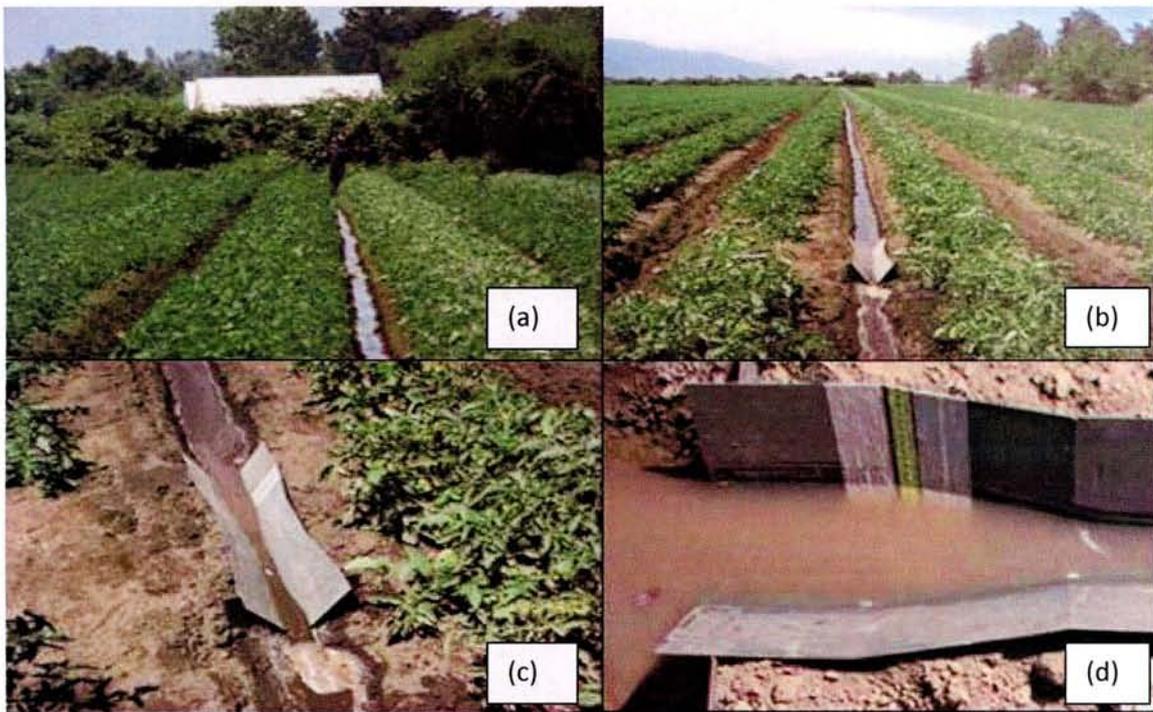


Figura 1.3. Pruebas de infiltración mediante el método de surco infiltrómetro con canoas Washington State Collage (WSC).

Para transformar las alturas de agua (cm) en caudales de entrada y de salida ($L s^{-1}$) se utilizó la ecuación:

$$Q = 0,0099 * A^{2,3029} \quad (6)$$

donde: Q= Caudal de agua ($L s^{-1}$); A= altura del agua (cm); 0,0099 y 2,3029 son coeficientes específicos de los aforadores WSC.

La velocidad de infiltración ($cm h^{-1}$) se calculó mediante la ecuación:

$$VI = 360 \frac{\Delta Q}{L * E} \quad (7)$$

donde: VI= velocidad de infiltración ($cm h^{-1}$); ΔQ = diferencia de caudales de salida y entrada ($L s^{-1}$); L= largo de los surcos (m); E = espacio entre surcos (m); 360= factor de tiempo.

Posteriormente fue necesario calcular una nueva velocidad de infiltración ($cm h^{-1}$) mediante la expresión:

$$VI = K * T^n \quad (8)$$

donde: T= tiempo (h); K = cantidad de agua infiltrada al minuto (cm); n= pendiente de la recta de infiltración (transformación logarítmica).

La infiltración acumulada o lámina neta se calculó según la fórmula:

$$Ln = C * T^b \quad (9)$$

donde: Ln= Lámina neta (mm); C y b = constantes de ecuación de infiltración las cuales se calcularon de acuerdo a:

$$C = \frac{K}{n+1} \quad (10)$$

$$b = n + 1 \quad (11)$$

Los coeficientes de infiltración determinados para ambas temporadas se resumen en el Cuadro 1.3.

Cuadro 1.3. Coeficientes de las ecuaciones de velocidad de infiltración e infiltración acumulada.

Localidad	Coeficientes			
	K	n	C	b
San Clemente (2007-2008)	0,345	-0,258	0,47	0,74
San Clemente (2008-2009)	0,296	-0,168	0,36	0,83

Fuente: Centro de Información y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA)

El contenido volumétrico de humedad de los suelos (%), fue monitoreado mediante la técnica de reflectometría en el tiempo (TDR, Trase System, Inc., California, USA), instalando varillas de acero inoxidable de 60 cm. ubicando un punto de medición sobre el borde de la mesa de plantación, a 20 metros de la entrada de agua de cada una de los surcos marcados (Figura 1.4).



Figura 1.4. Medición de humedad de suelo con TDR, ensayo Tomate Industrial temporada 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Para determinar el estado hídrico de la planta, se midió el potencial hídrico del xilema (Ψ_{md} , MPa) al medio día a través de una cámara de presión (PMS Instruments Co., Oregon, EE.UU.). Para esto seleccionó una hoja madura, sana y con pecíolo largo por repetición la que se envolvió en film plástico y de aluminio una hora antes de la medición, una vez cumplido este tiempo las hojas se sacan de la planta y el pecíolo se corta con un bisturí o un cuchillo cartonero, de manera limpia (sin generar daño en la zona de corte). Después de esto la hoja es fijada al cabezal de la bomba dejando que una parte del pecíolo sobresalga hacia el exterior, luego el cabezal es unido a la cámara de presión o bomba Scholander a la cuál se aplica gas a presión (Nitrógeno). Finalmente cuando comienza a salir savia a través del corte se registra la presión del manómetro, indicando este valor, la tensión o potencial con que el agua esta siendo retenida por la planta (Figura 1.5).



Figura 1.5. Medición de potencial hídrico xilemático al medio día (Ψ_{md} , MPa), ensayos tomate industrial. San Clemente, región del Maule.

Para evaluar el desarrollo de los frutos, por cada repetición fueron escogidos cinco frutos sobre los cuales periódicamente se realizaron mediciones del diámetro ecuatorial y longitudinal (Figura 1.6).



Figura 1.6. Medición del diámetro ecuatorial y longitudinal de los frutos, ensayos Tomate Industrial. San Clemente, región del Maule.

En cosecha, se hizo una recolección de frutos en una distancia de tres metros lineales dentro de cada repetición, posteriormente se realizó una selección de los frutos para determinar el porcentaje de Tomate comercial, verde y de desecho, los cuales fueron pesados por separado, luego de esto se tomaron frutos que fueron enviadas a laboratorio para determinar factores de calidad tales como: sólidos solubles, color, consistencia, % de acidez, pH y el rendimiento industrial.

Por último, para evaluar el efecto de los distintos niveles de reposición hídrica, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y en los casos donde esta resultó significativa se realizó el test estadístico LSD con un nivel de confianza de un 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

Los ensayos se realizaron en la región del Maule. Las características generales de los distintos sitios de los ensayos de tomate, se resumen en el Cuadro 1.4.

Cuadro 1.4. Resumen de la caracterización de los distintos sitios de ensayos de Tomate Industrial. San Clemente, región del Maule.

Localidad	Región	Sector	Ubicación Geográfica
San Clemente (2007-2008)	Maule	Bramadero	Lat. -35,58; Long. -71,30, 384 m.s.n.m
San Clemente (2008-2009)	Maule	Bramadero	Lat. -35, 59; Long. -71,30, 380 m.s.n.m
Localidad	superficie de la parcela experimental (m ²)	Tipo de cultivo	Marco de plantación (EH x SH)*
San Clemente (2007-2008)	1800	Tomate industrial	1,5 X 0,2
San Clemente (2008-2009)	1800	Tomate industrial	1,5 X 0,2

EH= entre hilera; SH= sobre hilera.

Las propiedades físico hídricas de los suelos de cada uno de los ensayos, se presentan en el Cuadro 1.5.

Cuadro 1.5. Propiedades físico hídricas de los suelos, ensayos tomate industrial. San Clemente, región del Maule.

Ensayo	Propiedades Físico –Hídricas						
	Localidad	Textura	CC	PMP	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
San Clemente (2007-2008)		Franco	31,7	14,3	45	42	14
San Clemente (2008-2009)		Franco arcilloso	35,4	14,3	25	59	16

Fuente: Centro de Información y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

1.3 Resultados y discusiones

En la figura 1.7, se muestra la evolución de la ETr y de las precipitaciones para las temporadas 2007-2008 y 2008-2009. Para la primera temporada, la ETr acumulada desde trasplante a cosecha fue de 666 mm mientras que las precipitaciones solo alcanzaron los 7 mm. Por otro lado durante la temporada 2008-2009, la ETr acumulada desde trasplante a cosecha fue de 639 mm con una escasa presencia de precipitaciones (2 mm).

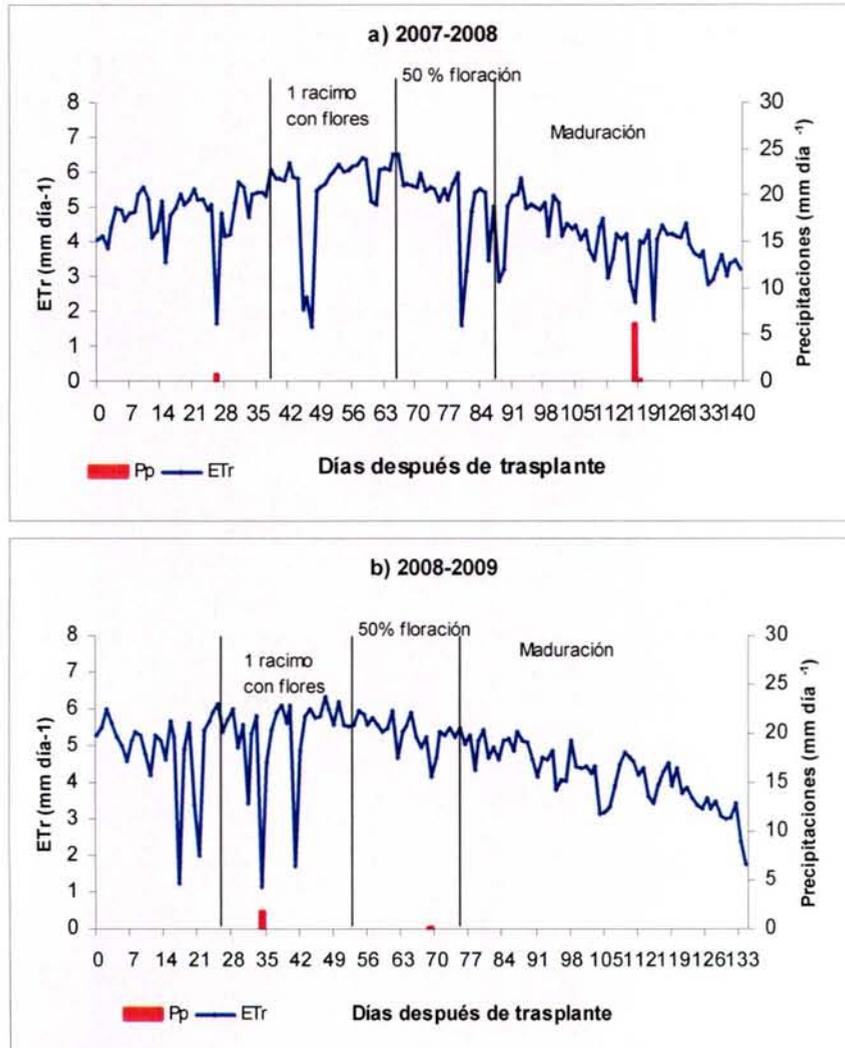


Figura 1.7. Evolución de la Evapotranspiración de Referencia (ETr) y las precipitaciones. Tomate industrial, San Clemente, región del Maule. (a) temporada 2007-2008 y (b) temporada 2008-2009.

La evolución de la humedad relativa y de las temperaturas para ambas temporadas se muestra en la figura 1.8. La humedad relativa tuvo un comportamiento similar para ambas temporadas con máximas de entre 97-99 % y mínimas de 13-14%.

En cuanto a las temperaturas, la temporada 2007-2008 presentó mínimas que alcanzaron 1°C durante los primeros días de desarrollo, mientras que las máximas bordearon los 33°C en el periodo de floración. Durante la segunda temporada, la temperatura mínima fue de

4°C y se presentó en el periodo de maduración, en tanto que la máxima fue de 33,7°C presentándose en la etapa de floración del tomate.

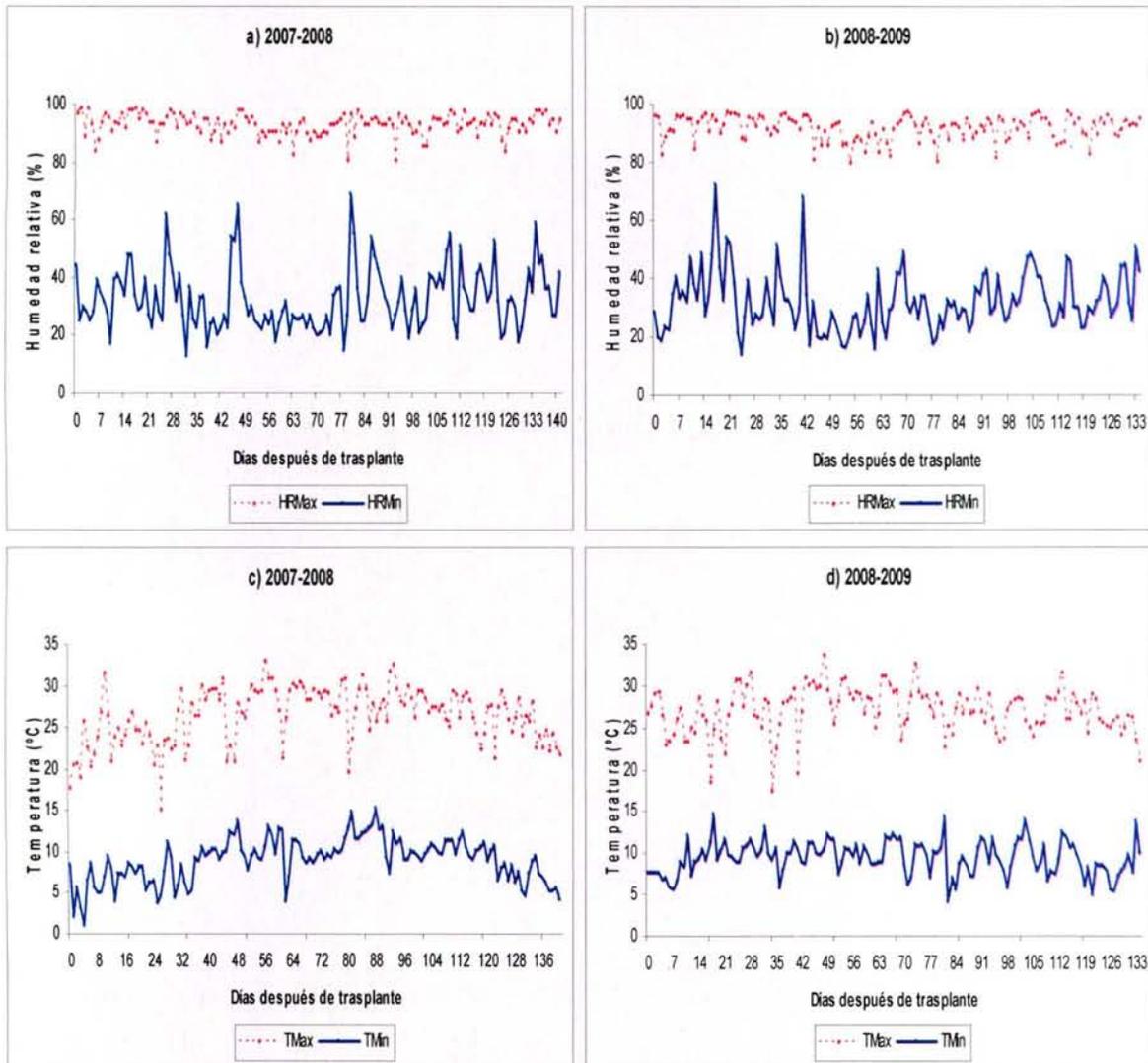


Figura 1.8. Evolución de la Humedad relativa y la temperatura. Tomate industrial, San Clemente, región del Maule. (a y c) temporada 2007-2008 y (b y d) temporada 2008-2009.

Los diferentes estados fenológicos identificados para Tomate Industrial junto con los grados día acumulados (GDA) y los días después de trasplante se presentan en el Cuadro 1.6. Los grados días acumulados (GDA) para ambas temporadas fueron de 1.100 y 1.123 GDA, en un periodo de 141 y 134 días de desarrollo, respectivamente.

Cuadro 1.6. Estados fenológicos y grados día acumulados (GDA) para Tomate Industrial. San Clemente, Región del Maule.

Ensayo	Estado Fenológico	Fecha	GDA ₍₁₀₎	DDT*
2007-2008	Trasplante	10 de Noviembre de 2007	0	0
	5-6 brotes por planta	4 de Diciembre de 2007	126	24
	1 ^{er} racimo con flores	18 de Diciembre de 2007	208	38
	1 ^{er} fruto	4 de Enero de 2008	306	55
	50% de floración	14 de Enero de 2008	457	65
	Fin de floración	29 de Enero de 2008	595	80
	Inicio de madurez	6 de Febrero de 2008	678	88
	10% fruto rojo	12 de Febrero de 2008	739	94
	25% fruto rojo	23 de Febrero de 2008	839	105
	50% fruto rojo	11 de Marzo de 2008	985	122
	Madurez de cosecha	30 de Marzo de 2008	1.100	141
2008-2009	Trasplante	16 de Noviembre de 2008	0	0
	5-6 brotes por planta	2 de Diciembre de 2008	120	16
	1 ^{er} racimo con flores	12 de Diciembre de 2008	204	26
	1 ^{er} fruto	30 de Diciembre de 2008	357	44
	50% de floración	8 de Enero de 2009	447	53
	Fin de floración	22 de Enero de 2009	581	67
	Inicio de madurez	31 de Enero de 2009	662	76
	10% fruto rojo	8 de Febrero de 2009	723	84
	25% fruto rojo	19 de Febrero de 2009	817	95
	50% fruto rojo	9 de Marzo de 2009	967	113
	Madurez de cosecha	30 de Marzo de 2009	1.123	134

Fuente: Centro de Información y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) *días después del trasplante.

En el cuadro 1.7, se muestran las cargas de agua aplicadas durante los diferentes estados de desarrollo del cultivo. Para la temporada 2008-2009 hubo una alteración en el programa de riego debido principalmente a requerimientos comerciales de la empresa compradora y al manejo mecanizado del cultivo.

Cuadro 1.7. Cargas de agua aplicadas durante los diferentes estados de desarrollo, ensayo Tomate Industrial. San Clemente, Región del Maule.

Temporada	Estado Fenológico	Cargas de agua aplicadas (mm)				
		T0	T1	T2	T3	T4
2007-2008	Trasplante	60	60	60	60	60
	5-6 brotes por planta	90	90	90	90	90
	1er racimo con flores	60	60	60	60	60
	1er fruto	60	60	60	60	60
	50% de floración	90	90	90	90	90
	Fin de floración	30	30	30	30	30
	Inicio de madurez	60	30	30	60	90
	10% fruto rojo	60	30	60	90	150
	25% fruto rojo	30	0	0	30	60
	50% fruto rojo	0	0	0	0	0
	Madurez de cosecha	0	0	0	0	0
	Total		540	450	480	570
2008-2009	Trasplante	63	63	63	63	63
	5-6 brotes por planta	63	63	63	63	63
	1er racimo con flores	127	127	127	127	127
	1er fruto	63	63	63	63	63
	50% de floración	127	127	127	190	190
	Fin de floración	127	63	127	190	190
	Inicio de madurez	63	63	63	63	127
	10% fruto rojo	63	63	63	127	127
	25% fruto rojo	190	63	63	190	190
	50% fruto rojo	0	0	0	0	0
	Madurez de cosecha	0	0	0	0	0
	Total		886	696	760	1076

Fuente: Centro de Información y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

En la figura 1.9 se presenta la evolución de los contenidos de humedad volumétrica de suelo (%) para los distintos tratamientos en ambas temporadas. Al respecto, para la temporada 2007-2008 se observa que los distintos niveles de agua aplicada logro establecer una diferencia entre los distintos tratamientos. Dentro de las fechas evaluadas, se logro establecer una diferencia significativa entre los niveles de humedad a los 76, 83, 100, 116, 123 y 136 días después de trasplante (Cuadro 1.8). El tratamiento T4 logro un nivel superior de humedad el cual se mantuvo en niveles cercanos a capacidad de campo, mientras que T1 presentó los menores valores de humedad de suelo cayendo a niveles por debajo al criterio de riego. Por otro lado, durante la temporada siguiente no se logró establecer diferencias significativas entre los contenidos de humedad de suelo de los

distintos tratamientos los cuales se mantuvieron cercanos al umbral de riego de manera homogénea al momento de la medición durante todo el período de riego (el cual finalizó el día 6 de marzo) (Cuadro 1.9). Esto se debería a los cambios realizados por el productor a la programación recomendada.

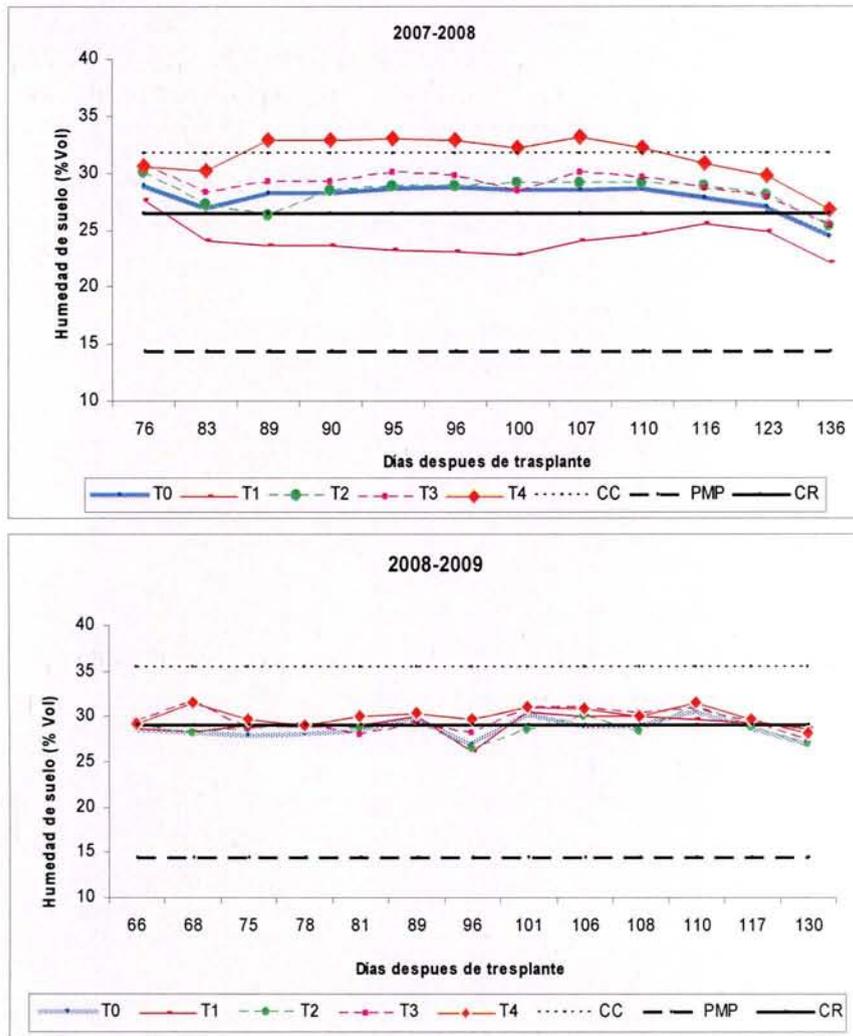


Figura 1.9: Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, ensayos Tomate Industrial temporada (a) 2007-2008 y (b) 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Cuadro 1.8. Evolución del contenido volumétrico de agua (%) en el suelo para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2007-2008 (San Clemente, Región del Maule).

Tratamiento	76 ^a	83	100	116	123	136
T0	28,9 ab	27,0 b	28,6 b	27,93 b	27,1 b	24,6 b
T1	27,7 a	24,1 a	22,9 a	25,67 a	24,9 a	22,3 a
T2	30,1 b	27,2 b	29,11 b	28,89 b	28,0 b	25,4 bc
T3	30,7 b	28,3 b	28,43 b	28,77 b	27,9 b	24,4 bc
T4	30,6 b	30,3 c	32,22 c	30,88 c	29,84 c	26,9 c
Significancia	*	**	**	**	**	**
C.V. %	-	-	-	-	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

Cuadro 1.9. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%), para Tomate Industrial con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009 (San Clemente, Región del Maule).

Tratamiento	66 ^a	68	75	78	81	89
T0	28,7	28,4	28,1	28,2	28,6	30,1
T1	28,7	28,4	29,1	28,8	29,1	30,1
T2	29	28,2	28,7	29,1	28,8	29,4
T3	29,5	31,8	28,7	29,2	28,1	29,2
T4	29,2	31,5	29,7	29,1	29,9	30,4
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %	8,57	9,06	10,11	4,37	5,72	6,65
96	101	106	108	110	117	131
	27,1	30,5	29,1	29,1	30,8	28,8
	26,1	30,5	29,9	30	29,7	29,4
	26,5	28,5	30,1	28,5	31,3	28,9
	28,2	31,1	31,1	30,5	30,9	29,4
	29,7	31,1	30,9	30,1	31,7	29,7
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	21,84	6,91	4,6	6,2	5,28	4,27
						3,21

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

En la figura 1.10 se presenta la evolución de los potenciales de xilema medidos al medio día para los distintos tratamientos en ambas temporadas. En este sentido, se puede señalar que para la temporada 2007-2008 se pudo establecer una diferencia entre los distintos

tratamientos, los cuales presentaron valores en un rango aproximado de -0,45 y -1 MPa. Estas diferencias de potencial indican que los distintos niveles de agua aplicados tuvieron un efecto sobre las plantas de dicho tratamiento, generando potenciales de xilema más negativos en los tratamientos menos regados. Durante la segunda temporada, los potenciales de xilema, al igual que las humedades de suelo, no presentaron diferencias significativas presentando valores en un rango de -0,6 a -0,8 MPa. (Cuadros 1.10 y 1.11).

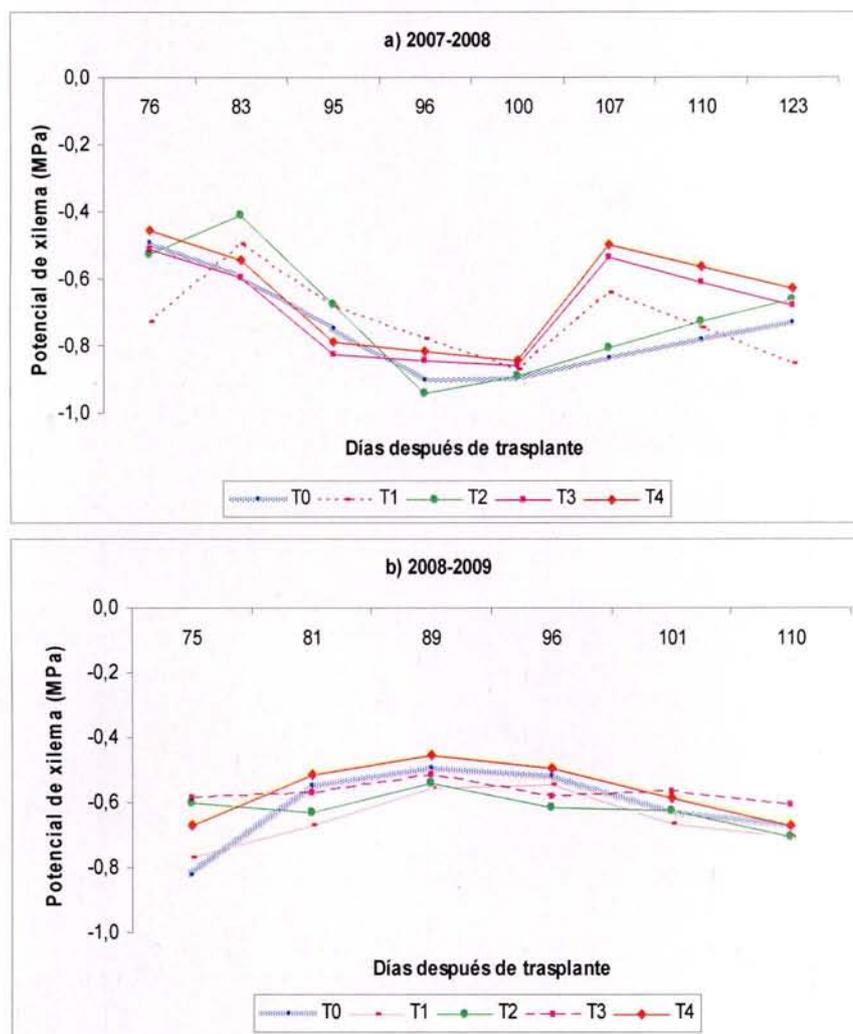


Figura 1.10. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica, ensayo Tomate Industrial temporadas (a) 2007-2008 y (b) 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Cuadro 1.10. Evolución potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_{md} , MPa) para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2007-2008 (San Clemente, Región del Maule).

Tratamiento	76 ^a	83	95	100	107	124
T0	-0,49 a	-0,59 a	-0,90	-0,89	-0,76 d	-0,73
T1	-0,73 b	-0,49 ab	-0,62	-0,87	-0,64 bc	-0,85
T2	-0,53 a	-0,41 b	-0,94	-0,89	-0,73 cd	-0,66
T3	-0,51 a	-0,59 a	-0,83	-0,86	-0,53 ab	-0,68
T4	-0,45 a	-0,54 a	-1,05	-0,84	-0,49 a	-0,63
Significancia	**	*	n.s.	n.s.	**	n.s.
C.V. %	-	-	14,65	9,93	-	17,23

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

Cuadro 1.11. Evolución potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_{md} , MPa) para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009 (San Clemente, Región del Maule).

Tratamiento	75 ^a	81	89	96	101	110
T0	-0,82	-0,54	-0,49	-0,52	-0,63	-0,67
T1	-0,77	-0,66	-0,55	-0,54	-0,66	-0,70
T2	-0,60	-0,63	-0,54	-0,61	-0,62	-0,71
T3	-0,58	-0,57	-0,51	-0,58	-0,56	-0,60
T4	-0,66	-0,51	-0,45	-0,49	-0,58	-0,66
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. %	38,62	24,25	22,44	32,26	11,61	24,22

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

En la figura 1.11 se muestra la evolución del volumen de fruto determinado a partir de las mediciones de diámetro ecuatorial y longitudinal realizadas en los ensayos de las temporadas 2007-2008 y 2008-2009. En general, este parámetro casi no arrojó diferencias significativas en ninguna de las dos temporadas, presentando en ambas un elevado coeficiente de variación (Cuadros 1.12 y 1.13).

En base a los datos de la primera temporada y bajo las condiciones entregadas en dicho ensayo, se puede establecer que tanto reducciones como incrementos de hasta un 50% de la reposición de la ETA no afectaron significativamente el desarrollo en volumen de los frutos de tomate.

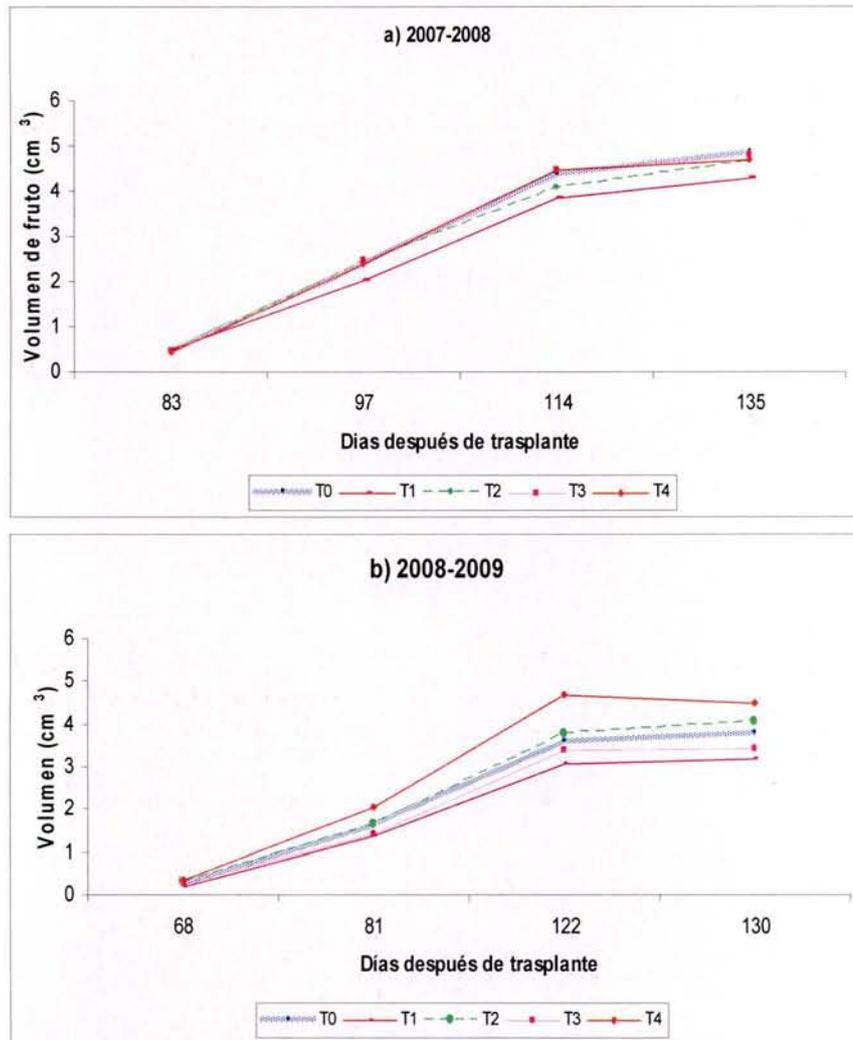


Figura 1.11. Evolución del volumen de fruto para diferentes niveles de reposición hídrica, ensayo Tomate Industrial temporadas (a) 2007-2008 y (b) 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Cuadro 1.12. Evolución del volumen de fruto (cm³) en tomate industrial con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2007-2008. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	83 ^a	97	114	135
T0	0.49	2.42 a	4.42	4.9
T1	0.52	2.05 b	3.85	4.3
T2	0.43	2.45 ab	4.06	4.66
T3	0.5	2.47 a	4.49	4.81
T4	0.46	2.41 a	4.5	4.7
Significancia	n.s.	*	n.s.	n.s.
C.V.(%)	53	-	41	42

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

Cuadro 1.13. Evolución del volumen de fruto (cm³) en tomate industrial con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	68 ^a	81	122	130
T0	0.27 ab	1.64	3.63	3.84
T1	0.2 b	1.37	3.07	3.21
T2	0.32 a	1.66	3.77	4.05
T3	0.28 ab	1.41	3.38	3.45
T4	0.34 a	2.06	4.69	4.5
Significancia	*	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.(%)	-	53	54	55

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

En los cuadros 1.14 y 1.15, se presentan los factores de calidad y rendimiento, respectivamente para la temporada 2007-2008. Dentro de los factores analizados, sólo se encontraron diferencias significativas en la cantidad de desecho. Los tratamientos T0 y T3 resultaron ser significativamente menores al tratamiento T4, mientras que los tratamientos T1 y T2 no presentaron diferencias significativas con ninguno de los tratamientos evaluados. El mayor nivel de tomate de desecho encontrado en el tratamiento T4, se puede atribuir principalmente a que los niveles de humedad presentes en este tratamiento favorecieron la aparición de pudriciones.

Cuadro 1.14. Factores de calidad para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2007-2008. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	S. Solubles (°Brix)	Color (A/B)	Consistencia (°Bostwick)	pH	Acidez (%)
T0	4,78	2,45	7,85	4,26	0,32
T1	4,60	2,50	9,28	4,26	0,28
T2	4,70	2,70	9,95	4,25	0,27
T3	4,70	2,58	10,18	4,21	0,28
T4	4,00	2,60	10,23	4,29	0,34
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	8,63	6,13	18,86	1,66	15,03

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

Cuadro 1.15. Factores de rendimiento para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2007-2008. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	Rend. Total (Ton ha ⁻¹)	Rend. Ind. (Ton ha ⁻¹)	Fruta verde (Ton ha ⁻¹)	Desecho (Ton ha ⁻¹)	Rend. Comercial (Ton ha ⁻¹)
T0	115,48	16,11	3,15	3,8 a	108,50
T1	104,70	14,21	5,03	6,1 ab	93,60
T2	111,00	15,46	3,80	6,8 ab	100,50
T3	118,95	16,69	4,62	3,9 a	110,40
T4	125,97	14,02	9,20	7,6 b	109,13
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
C.V. (%)	10,31	11,81	61,70	-	10,41

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

En los cuadros 1.16 y 1.17, se presentan los factores de calidad y rendimiento, respectivamente para la temporada 2008-2009. Dado que los niveles de humedad de los distintos tratamientos no fueron diferenciados por el efecto de la programación del riego, no se evidenciaron diferencias significativas entre los distintos factores analizados. En esta temporada, se aprecia un alto porcentaje de fruta verde y de desecho (lo que incide finalmente en el rendimiento comercial del tomate) los que se pueden atribuir a que no existió un corte apropiado de los riegos, los que se realizaron hasta muy avanzada la temporada aminorando con esto la maduración de los frutos y provocando la aparición de enfermedades fúngicas.

Cuadro 1.16. Factores de calidad para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	S. Solubles (°Brix)	Color (A/B)	Consistencia (°Bostwick)	pH	Acidez (%)
T0	4,83	2,97	20,90	4,34	0,43
T1	5,00	2,99	19,80	4,30	0,35
T2	4,95	2,94	17,65	4,37	0,33
T3	4,85	2,91	18,97	4,30	0,34
T4	4,93	2,89	19,65	4,30	0,32
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	6,27	2,71	16,46	1,90	30,01

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

Cuadro 1.17. Factores de rendimiento para Tomate Industrial, con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	Rend. Total (Ton ha ⁻¹)	Rend. Ind. (Ton ha ⁻¹)	Fruta verde (Ton ha ⁻¹)	Desecho (Ton ha ⁻¹)	Rend. Comercial (Ton ha ⁻¹)
T0	123,61	16,10	19,56	9,64	94,42
T1	109,74	13,77	17,30	9,59	82,85
T2	114,28	15,45	16,47	7,06	90,75
T3	96,11	16,70	9,72	9,25	77,14
T4	122,07	14,00	19,74	10,78	91,55
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	16,70	12,85	38,17	35,73	16,43

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). ^a Días después de trasplante.

1.4 Conclusiones

De acuerdo con los resultados presentados, no habrían diferencias estadísticas para las diferentes variables de rendimiento medidas para los ensayos realizados en las temporadas 2007-2008 y 2008-2009, no obstante lo anterior, los resultados obtenidos en la primera temporada indican que los coeficientes de cultivos utilizados a partir de la literatura, se podrían reducir a un 50% de la ETa desde mediados de maduración, lo que permitiría un ahorro de agua sin afectar los parámetros vegetativos ni de rendimiento. Lo anterior está de acuerdo a lo obtenido por Fabati et al. (2009) quienes encontraron la mejor relación rendimiento calidad en tomates a los cuales se les restringió el riego al 50% de la ETa a partir del periodo de inicio de maduración.

Según los resultados de ambas temporadas, la madurez de cosecha de los frutos se obtendría alrededor de los 1100 GDA.

Por lo tanto, según los resultados obtenidos para las condiciones locales en los ensayos de tomate industrial y tomando en consideración que las pocas diferencias en los contenidos de humedad de suelo pueden deberse a que posterior a los riegos la cantidad de agua logró llegar a CC (por un criterio de riego muy bajo) para todos los tratamientos, es que se puede concluir que la mayor eficiencia en el uso del agua se alcanza aumentando el criterio de

riego de un 30 a un 50% y con los coeficientes de cultivo de: Trasplante 0,8; 5-6 brotes por planta a Primer fruto, 0,9; Floración, 1,1; Inicio de madurez hasta el corte de riego, 1,2.

1.5 Bibliografía

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. FAO. 1998. Irrigation and drainage Paper Crop Evapotranspiration, 56: 209p.

Amayrhe, J. and Al-Abed, N. 2005. Developing crop coefficients for field-grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under drip irrigation with black plastic mulch. *Agricultural Water Management*, 73: 247-254.

Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. and Grolier, P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 369-382.

Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., Di Tommaso, T. and Candido, V. 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 1-10.

González, M. y Ruz, E. 1999. Efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial. *Agricultura Técnica*, 59: 319-330.

Hanson, B. and May, D. 2006. Crop evapotranspiration of processing tomato in the San Joaquin Valley of California, USA. *Irrigation Science*, 24:211-221.

Henriquez, G., 2001. Validación de un método para estimar el consumo de agua en tomate industrial, cv. HEINZ 9665. Memoria de Título. Universidad de Talca. Talca.

Javanmardi, J. and Kubota, C., 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 151-155.

Neumann, E., Galleguillos, J. y Arcos, X. 2007. Agropecuarias, Informe anual. Instituto Nacional de Estadísticas, 148p.

Olioso, A., Ortega Farias, S., Valdés, H. y Antonioletti, R., 2005. Estimación de la Evapotranspiración de Tomate Usando el Modelo Interacción Suelo - Vegetación - Atmósfera (ISBA). *Agricultura Técnica*, 65: 284-294.

Ortega-Farias, S., Rigetti, T., Sasso, F., Acevedo, C., Matus, F. and Moreno, Y., 2003. Site-specific management of irrigation water in grapevines. IX Latin American Congress on Viticulture and Enology; Symposium on Precision Viticulture. Pontificia Universidad de Católica de Chile, Santiago, Chile, 55-71

Postel, S. 1998. Water for Food Production: Will There Be Enough in 2025?. *BioScience*, 48: 629-637.

Santibañez, F. y Santibañez, P., 2007. Cambio climático y degradación de tierras en Latinoamérica y Chile. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 3: 54-63.

Zegbe, J., Behboudian, M. and Clothier, B. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes *Agricultural Water Management*. 68: 195-206.

2. Ensayo Maíz semillero y de grano

2.1 Introducción

De los cultivos anuales de mayor importancia en nuestro país, el maíz es quien en superficie ocupa el segundo lugar tras el trigo con 134.641 hectáreas sembradas en la temporada 2007-2008. De esta superficie, cerca del 80% se concentra en las regiones de O'Higgins y del Maule con 63.580 y 42.120 ha, respectivamente (Neumann et al., 2007).

Un importante aporte a las cifras anteriormente señaladas, esta dado por el sector semillero, el cual cobra cada vez más importancia. Según estadísticas de la Federación Internacional de Semillas, Chile es actualmente el séptimo exportador de semillas en el mundo y el primero del hemisferio sur, esto gracias a factores como la contra estación y a la excelente imagen país. Actualmente este rubro estaría generando ganancias por sobre los U\$ 200 millones y creciendo en los últimos 5 años a tasas por sobre el 10% anual. De estos

dividendos, los semilleros de maíz por si solo estarían generando mas del 50% de las ganancias (Agroeconómico, 2008). Este sector concentra un 77% del total en las regiones de O'higgins y del Maule (SAG, 2009).

Uno de los factores limitantes para la producción de maíz en todos sus estados de desarrollo es la humedad de suelo (Faugenbaum, 2003). La reproducción de plantas es sensible al déficit hídrico, especialmente durante etapas tempranas de desarrollo (inicios de floración). Como consecuencia de un estrés, el número de granos decrece debido principalmente al aborto de ovarios y esterilidad de polen o disminución del tamaño de los granos de polen en las plantas de maíz. También el déficit hídrico disminuye la tasa de fotosíntesis y baja el número de fotosintatos destinados a los órganos reproductivos, provocando el aborto de ovarios (Boyer, 2004).

En este sentido, es necesario efectuar una programación del riego que suministre de manera más oportuna y adecuada, la cantidad de agua apropiada a la planta para prevenir pérdidas de rendimiento y calidad de los productos agrícolas (Jansen, 1983). Esta programación se debe basar en el conocimiento de las demandas hídricas del cultivo o evapotranspiración actual del cultivo (ET_a). El método más ampliamente utilizado para determinar la demanda hídrica de los cultivos es el recomendado por la FAO (método FAO-56), el cual realiza una estimación de la ET_a en función de la evapotranspiración de referencia (ET_r) ajustada por un coeficiente de cultivo (K_c). La ET_r es determinada usando el modelo de Penman-Monteith, el cual requiere como variables de entrada mediciones simultáneas de temperatura, humedad relativa, velocidades del viento y radiación solar registradas en condiciones de referencia (Allen et al., 1998). Por su parte, el coeficiente depende tanto del estado fenológico del cultivo como de las condiciones específicas de suelo y clima (Ortega et al., 2003). Debido a lo anterior, la utilización de coeficientes K_c obtenidos desde literatura extranjera es uno de los mayores errores en la utilización de esta metodología ya que se pueden encontrar diferencias de hasta 40% entre los K_c calibrados localmente y los extraídos desde estudios extranjeros (Poblete Echeverría y Ortega Farias, 2009; Rana y Katerji, 2008). Por lo tanto, para poder generar una buena asignación del recurso hídrico y mejorar la eficiencia de uso de agua a través de una programación de riego, es indispensable estudiar localmente tanto los componentes de la evapotranspiración (Jara et

al., 1998; Liu et al., 2002) como los coeficientes K_c para los diferentes períodos fenológicos del maíz (Kang et al., 2003; Li et al., 2008; Martínez-Cob, 2008).

Por otro lado, la relación existente entre la aplicación de agua a través del riego y su efecto sobre el rendimiento del maíz ha sido foco de numerosos estudios. Yazar et al., (2002) estudiaron el efecto de tres diferentes niveles de reposición hídrica en dos intervalos de tiempo, mediante riego por goteo encontrando un efecto significativo sobre el rendimiento obteniendo los mejores resultados en el tratamiento de 100% de reposición de la evapotranspiración. Çakir (2004) y Farré y Faci (2009), señalan que el efecto de un déficit hídrico sobre el rendimiento del maíz, dependerá tanto del grado del estrés aplicado como de la etapa de desarrollo en la cual se aplique. La sola ausencia de reposiciones hídricas durante períodos sensibles como el de floración ocasionaría pérdidas de rendimientos del orden del 40%. El período más crítico que afecta el rendimiento del cultivo, al someter las plantas a estrés hídrico, es dos semanas antes y dos a tres semanas después de la floración femenina; así un estrés provocado antes de la floración provoca problemas en la formación de la mazorca, y un estrés después de la floración, limita el número de granos (Pandey et al., 2000; Çakir et al., 2004). También, Dioudis et al., (2009) evaluaron el efecto de tres intervalos de tiempo entre riegos por goteo (2, 5 y 9 días) sobre el rendimiento final, no encontrando diferencias significativas entre los tratamientos, con lo cual se obtuvo un importante ahorro de agua y energía.

Trabajos desarrollados en el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Universidad de Talca, indican que el rendimiento del grano y sus componentes arrojan diferencias significativas, al aplicar distintos niveles de agua, presentándose un incremento del rendimiento, a medida que se aumentaron las cantidades de agua aplicada al cultivo (Urra, 2004; Mora, 2004).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de distintos niveles de reposición hídrica sobre los componentes del rendimiento de maíz semillero y de grano con el fin de generar un ajuste local de los coeficientes de cultivo (K_c) durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo.

2.2 Metodología y pauta de trabajo

Para evaluar el efecto de cinco láminas de riego sobre el rendimiento de maíz semillero y de grano, varias parcelas experimentales fueron establecidas en las regiones de O'Higgins (Coltauco) y del Maule (San Clemente y Retiro). Para esto se realizaron ensayos con un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada tratamiento consistió en aplicar un porcentaje de la evapotranspiración actual (ETa) del maíz (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Tratamientos de riego ensayos maíz, Coltauco (región de O'Higgins), San Clemente y Retiro (región del Maule).

Tratamiento	Reposición Hídrica (%)
T0	100% ETa
T1	50% ETa
T2	75% ETa
T3	125% ETa
T4	150% ETa

La ETa fue calculada en base a la siguiente expresión:

$$ETa = ETr * Kc \quad (1)$$

donde: ETa = evapotranspiración actual (mm día⁻¹), ETr = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹), Kc = coeficiente de cultivo.

La ETr fue determinada usando el modelo de Penman-Monteith, el cual requiere como variables de entrada mediciones simultáneas de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar registradas en condiciones de referencia (Allen et al., 1998) a través de una estación meteorológica automática (EMAs). La ecuación de Penman-Monteith queda descrita como:

$$ETr = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

donde: E_{Tr} = evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}), R_n = radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2}\text{día}^{-1}$), G = flujo de calor latente ($\text{MJ m}^{-2}\text{día}^{-1}$), T = temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$), U_2 = velocidad media del viento a 2 m de altura (m s^{-1}), e_s = presión de vapor de saturación (KPa), e_a = presión real de vapor (KPa), $e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor (KPa), Δ = pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$), γ = constante psicrométrica ($\text{Kpa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Las estaciones utilizadas en estos ensayos, se ubicaron en los sectores de “El Sauce” en la región de O’Higgins y “Queri” y “Retiro” en la región del Maule (Figura 2.1.).

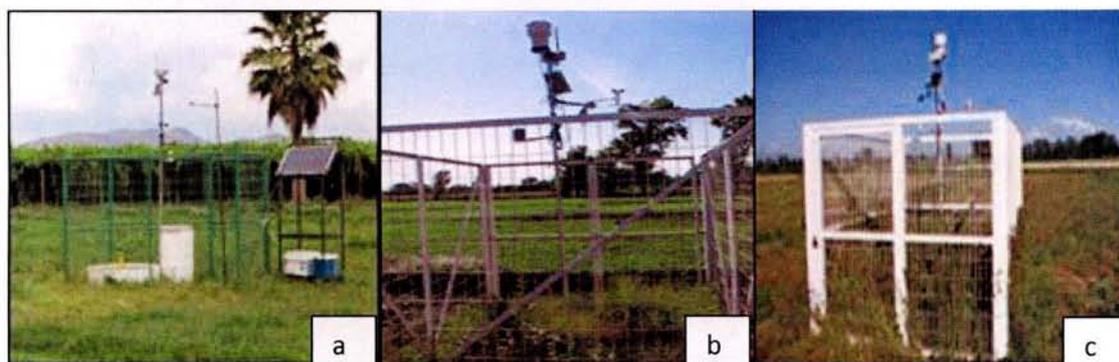


Figura 2.1. Estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) (a) El Sauce-Coltauco; (b) Queri-San Clemente; (c) Retiro-Retiro.

Los coeficientes de cultivo del maíz, utilizados en este estudio, para cada período fenológico se describen en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Coeficientes de cultivo (Kc) para Maíz.

Periodo Fenológico	Coefficiente de cultivo (Kc)
Siembra	0,4
Formación de Panoja	0,7
Floración	1,2
Llenado de Grano	0,9
Maduración	0,6
Cosecha	-

Fuente: Stewart y Nielsen, 1990.

Para determinar la frecuencia de los riegos, se realizaron las siguientes ecuaciones:

$$Fr = \frac{Ln}{ETa} \quad (3)$$

$$Ln = Ce \times Cr \quad (4)$$

donde: Fr = frecuencia de riego (días), Ln = lámina neta (mm), ETa= evapotranspiración actual (mm d⁻¹), Ce = capacidad de estanque (mm) y Cr = criterio de riego (fracción).

La Ce se determinó mediante la expresión:

$$Ce = \frac{(CC - PMP)}{100} \times Pe \quad (5)$$

donde: CC = contenido volumétrico de agua en el suelo a capacidad de campo (%), PMP = contenido volumétrico de agua en el suelo a punto de marchitez permanente (%), Pe= profundidad efectiva de raíces.

Para determinar la textura y las propiedades físico-hídricas de los suelos, se tomó una muestra representativa de los primeros 20 cm de suelo del sector de los ensayos a las cuales se les determino sus contenidos de arena, limo y arcilla con lo que se establece su CC y su PMP mediante el software SPAWhidrology.

Para establecer la velocidad de infiltración e infiltración acumulada, usadas en la programación de riego, se utilizó el método de surcos infiltrómetros con aforadores Washington State College (WSC) (Figura 2.2.).

Para realizar esta prueba se escogen 3 surcos los cuales son regados simultáneamente. Los aforadores son ubicados en la entrada y la salida del surco central. La base de los aforadores debe quedar en nivel con el surco. Una vez que el agua llega al aforador de salida, se mide periódicamente la altura de salida. Los intervalos de tiempo de la medición son 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 25, 35, 45 minutos, hasta que la altura de salida se estabiliza. Durante este tiempo se debe cuidar que la altura de entrada se mantenga constante.

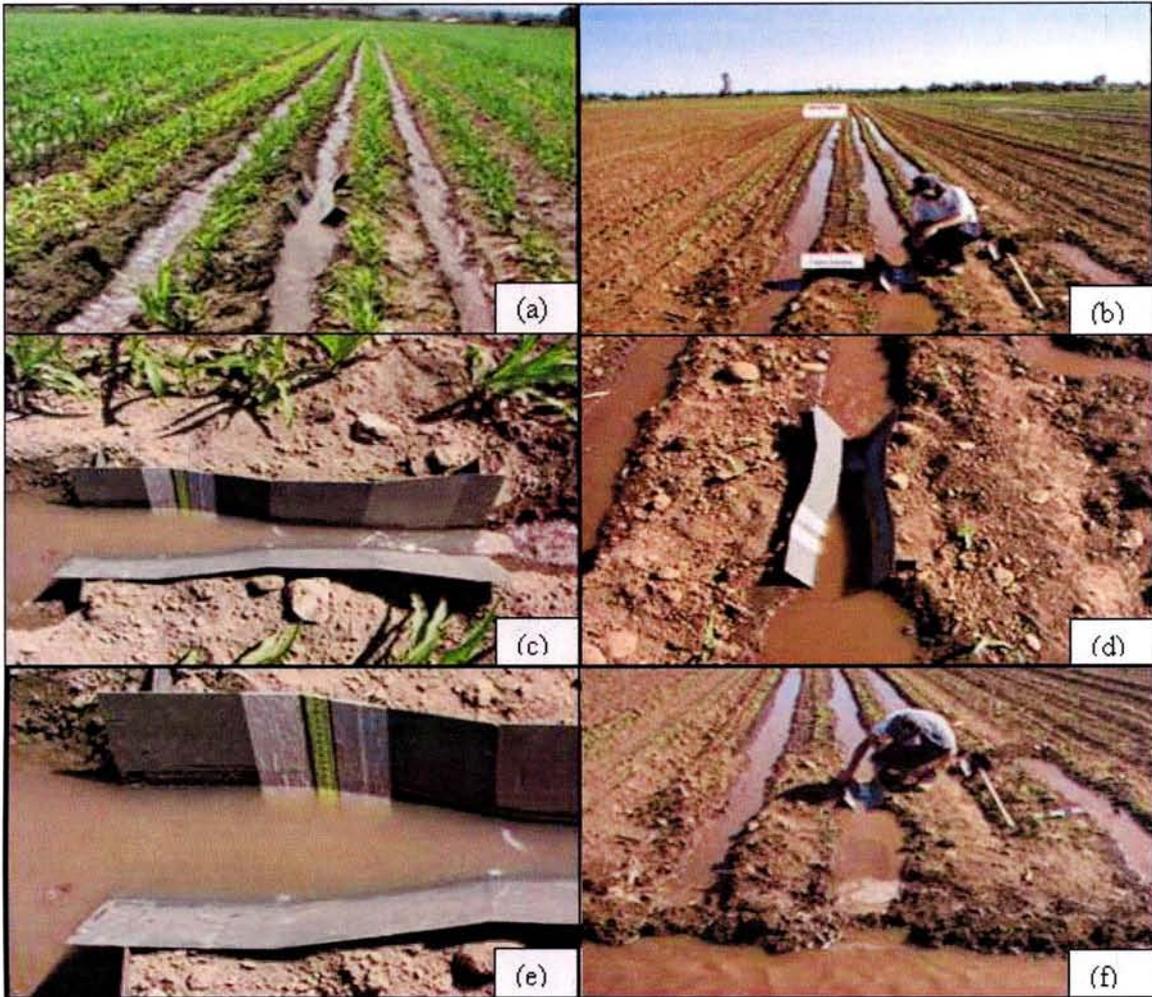


Figura 2.2. Pruebas de infiltración mediante el método de surco infiltrómetro con canoas Washington State Collage (WSC).

Para transformar las alturas de agua (cm) en caudales de entrada y de salida ($L s^{-1}$) se utilizó la ecuación:

$$Q = 0,0099 * A^{2,3029} \quad (6)$$

donde: Q = Caudal de agua ($L s^{-1}$), A = altura del agua (cm), 0,0099 y 2,3029 son coeficientes específicos de los aforadores WSC.

La velocidad de infiltración ($cm h^{-1}$) se calculó mediante la ecuación:

$$VI = 360 \frac{\Delta Q}{L * E} \tag{7}$$

donde: VI= velocidad de infiltración (cm h⁻¹), ΔQ= diferencia de caudales de salida y entrada (L s⁻¹), L = largo de los surcos (m), E= espacio entre surcos (m), 360= factor de tiempo.

Posteriormente fue necesario calcular una nueva velocidad de infiltración (cm h⁻¹) mediante la expresión.

$$VI = K * T^n \tag{8}$$

donde: T = tiempo (h), K = cantidad de agua infiltrada al minuto (cm), n = pendiente de la recta de infiltración (transformación logarítmica).

La infiltración acumulada se calculó mediante la expresión:

$$IA = C * T^b \tag{9}$$

donde: IA = infiltración acumulada (mm), C y b = constantes de ecuación de infiltración las cuales se calcularon de acuerdo a:

$$C = \frac{K}{n+1} \tag{10} \qquad b = n+1 \tag{11}$$

Los coeficientes de infiltración determinados para las distintas localidades se resumen en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Coeficientes de las ecuaciones de velocidad de infiltración e infiltración acumulada.

Localidad	Coeficientes			
	K	n	C	B
Coltauco	2.5	-0.253	3.34	0.747
San Clemente	3.74	-0.231	4.86	0.769
Retiro	2.57	-0.307	3.71	0.69

Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

El contenido volumétrico de humedad de los suelos, fue monitoreado mediante la técnica de reflectometría en el tiempo (TDR, Trase System, Inc., California, USA), instalando varillas de acero inoxidable de 60 cm. ubicando un punto de medición sobre el surco, a 20 metros del borde de entrada de agua de cada una de las hileras marcadas (Figura 2.3).



Figura 2.3. Proceso de medición de humedad de suelo en ensayos de maíz, temporada 2008-2009.

Para evaluar el efecto de los diferentes niveles de reposición hídrica, se realizó una cosecha de 10 plantas por repetición a las cuales se les midió altura de planta, peso de planta, número de granos por mazorca y peso de granos por mazorca.

Los resultados de todas las mediciones fueron sometidos a un análisis de varianza, y en los casos donde ésta resultó significativa se realizó la prueba de comparación con el test LSD con un nivel de confianza de 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

Los ensayos se realizaron en las regiones de O'Higgins y del Maule. Las características generales de los distintos sitios de los ensayos de maíz se resumen en el Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Resumen de la caracterización de los distintos sitios de ensayos de maíz.

Localidad	Región	Sector	Ubicación Geográfica
Coltauco	O'Higgins	Rinconada de Parral	Lat. -34,24°; Long. -71,06°; 304 m.s.n.m.
San Clemente (2007-2008)	Maule	Perquin	Lat. -35,57°; Long. -71,43°; 260 m.s.n.m.
San Clemente (2008-2009)	Maule	Perquin	Lat. -35,57°; Long. -71,43°; 260 m.s.n.m.
Retiro	Maule	Retiro	Lat. -36,01°; Long. -71,73°; 162 m.s.n.m.
Localidad	superficie de la parcela experimental (m ²)	Tipo de cultivo	Densidad de plantas
Coltauco	1200	Semillero 4X2*	59.877 (plantas hembra)
San Clemente (2007-2008)	4650	Semillero 4X2	59.877 (plantas hembra)
San Clemente (2008-2009)	5600	Semillero 4X2	59.877 (plantas hembra)
Retiro	1200	maíz grano	80.000 plantas

Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) *4 hileras de plantas hembras x 2 hileras de plantas macho.

Las propiedades físico hídricas de los suelos de cada uno de los ensayos, se presentan en el Cuadro 2.5.

Cuadro 2.5. Propiedades físico hídricas de los suelos, ensayos maíz.

Ensayo	Propiedades Físico -Hídricas						
	Localidad	Textura	CC	PMP	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Coltauco		Franco arenoso	23,2	12,7	60	22	18
San Clemente		Franco arcilloso	35,8	20,2	23	46	32
Retiro		Franco arcilloso	34,1	19,4	32	38	30

Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

2.3 Resultados y discusiones

La evolución de las variables climáticas para la zona de Coltauco, durante el período de desarrollo del cultivo (día 0 para siembra hasta el día 124 para cosecha) en la temporada 2008-2009 se muestran en la Figura 2.4.

La ETr para el período de desarrollo del cultivo fue de 596 mm, concentrando el 64% (383,4 mm) entre los periodos de siembra a floración. Los valores máximos se registraron los días 41 (10 de diciembre) y 60 (29 de diciembre) con 5,9 mm, en tanto que el valor mínimo se registró el día 15 (14 de noviembre) con 1,2 mm. No se registraron precipitaciones durante el periodo de desarrollo del cultivo (Figura 2.5 a).

Por otro lado, la máxima temperatura se observó el día 89 (27 de enero) con un valor de 33,1°C mientras que la mínima se registró el día 1 (31 de octubre) con 5,74 °C. En general, las mayores temperaturas se concentraron entre formación de panoja y llenado de grano con un promedio de las máximas de 30°C (Figura 2.5 b). Este período resulta sensible a temperaturas superiores a 32°C las que pueden reducir el tamaño de la semilla debido a un efecto sobre la división en el endosperma (Commuri y Jones, 2001; Faiguenbaum, 2003).

En cuanto a la humedad relativa (HR), el valor mínimo fue medido el día 78 (16 de enero) con un valor de 15,0 %, mientras que la máximo se registró el día 1 (31 de octubre) con 98,8% (Figura 2.5 c). En promedio, las mayores bajas de humedad relativa se presentaron durante el período entre formación de panoja y floración.

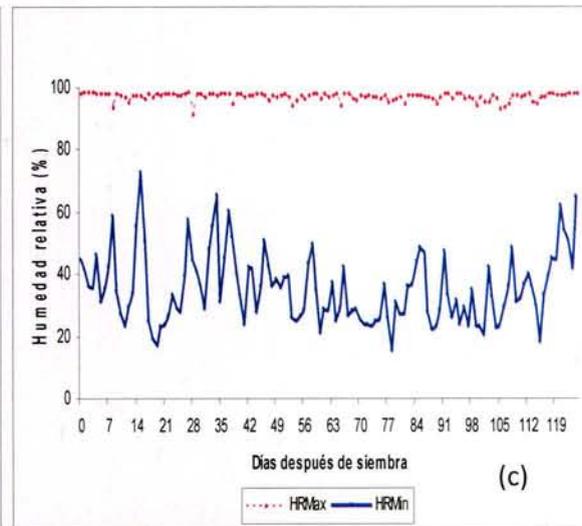
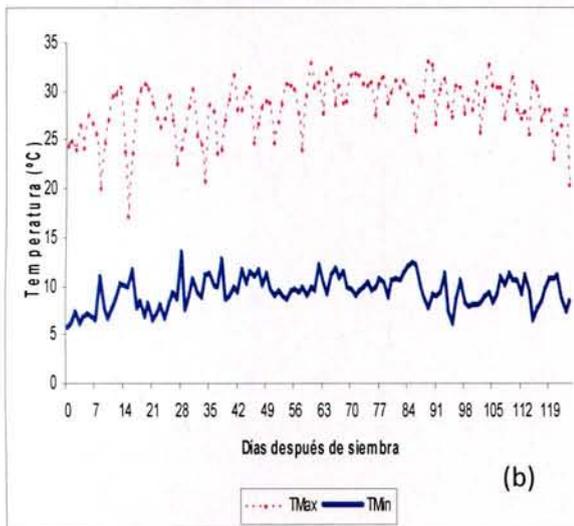
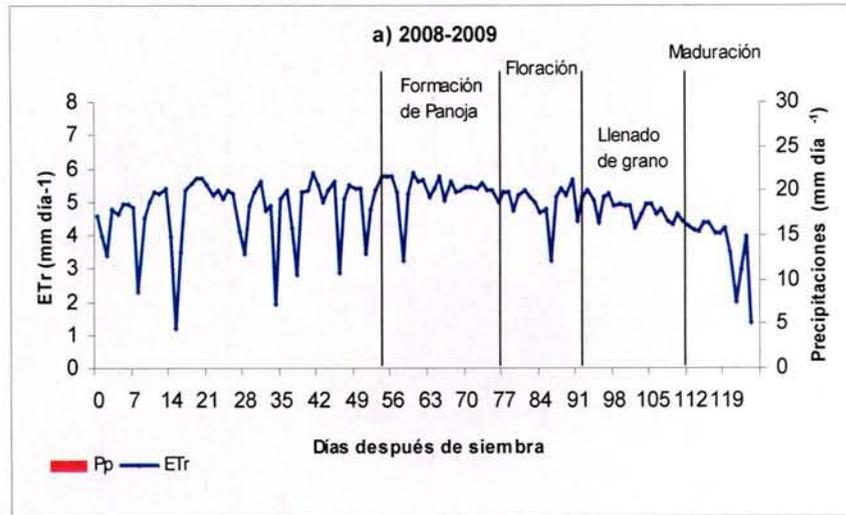


Figura 2.5. Evolución de las variables climáticas: (a) evapotranspiración de referencia (ETr) y precipitaciones (Pp); (b) temperaturas máximas y mínimas y (c) humedad relativa máxima y mínima, durante la temporada 2008-2009. Coltauco, región de O'Higgins.

La figura 2.6 muestra la evolución de la ETr y las precipitaciones de la zona de San Clemente, tanto para la temporada 2007-2008 como para la temporada 2008-2009. Para la primera, las precipitaciones durante el periodo de desarrollo del cultivo, alcanzaron un total de 30,4 mm. De estos, un 7,8% cayó en la etapa de emergencia del cultivo, un 1,3% durante floración y un 90,9% (25,4 mm) durante el periodo de madurez de grano. Por otro lado, la ETr acumulada total desde siembra a cosecha fue de 624 mm., de los cuales el 71,5% (446,16 mm) se concentró entre los periodos de siembra a floración. El valor máximo de

ETr se registró el día 32 (15 de enero) con 8,2 mm, mientras que el mínimo fue registrado el día 129 (21 de abril) con 0,55 mm.

Por otro lado, durante la temporada 2008-2009, el valor máximo de ETr se registró el día 17 (18 de noviembre) con 7,0 mm mientras que el valor mínimo se registró el día 49 (20 de diciembre) con 1,23 mm. La ETr acumulada para el periodo del cultivo fue de 707 mm concentrando el 57% (404 mm) de la demanda entre siembra y floración, mientras que las precipitaciones alcanzaron los 21 mm. El 92% (19,4 mm) de estas precipitaciones se presentó en el periodo de desarrollo vegetativo (noviembre).

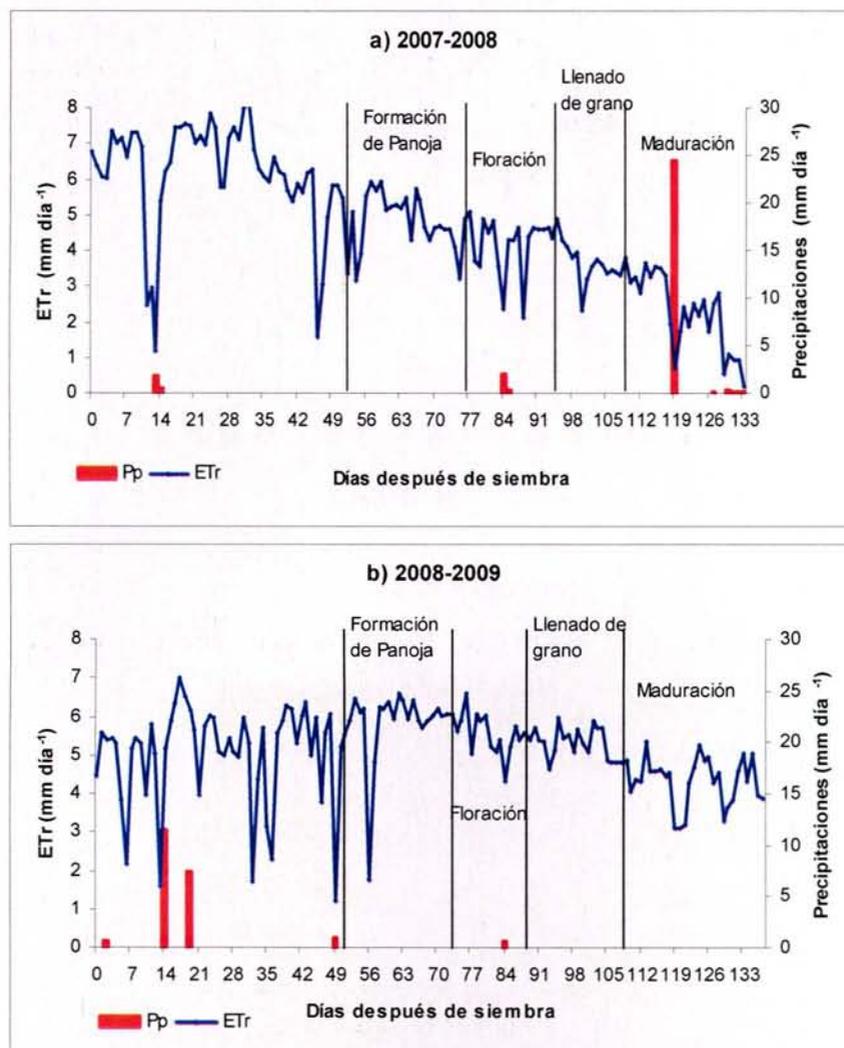


Figura 2.6. Evolución de la evapotranspiración de referencia (ETr) y las precipitaciones (Pp): (a) temporada 2007-2008 y (b) temporada 2008-2009. San Clemente, región del Maule.

En cuanto a la temperatura y humedad relativa, la figura 2.7 muestra su evolución para la zona de San Clemente durante las temporadas 2007-2008 y 2008-2009.

Para la primera temporada, el período de desarrollo del cultivo registró la máxima temperatura el día 59 (11 de febrero), alcanzando los 34,1 °C, mientras que la temperatura mínima se registró el día 122 (14 de abril) llegando a 1,1 °C. Para la humedad relativa los valores máximo y mínimo alcanzados fueron de 99% el día 133 (25 de abril) y 14 % el día 4 (18 de diciembre).

Por otro lado, para la temporada 2008-2009 los valores máximo y mínimo de humedad relativa se registraron el día 5 (6 de noviembre) con 97,7% y el día 16 (17 de noviembre) con 14,4% respectivamente. La máxima temperatura se registró el día 88 (28 de enero) con un valor de 33,75°C, mientras que la mínima se observó día 14 (15 de noviembre) con 5,7°C.

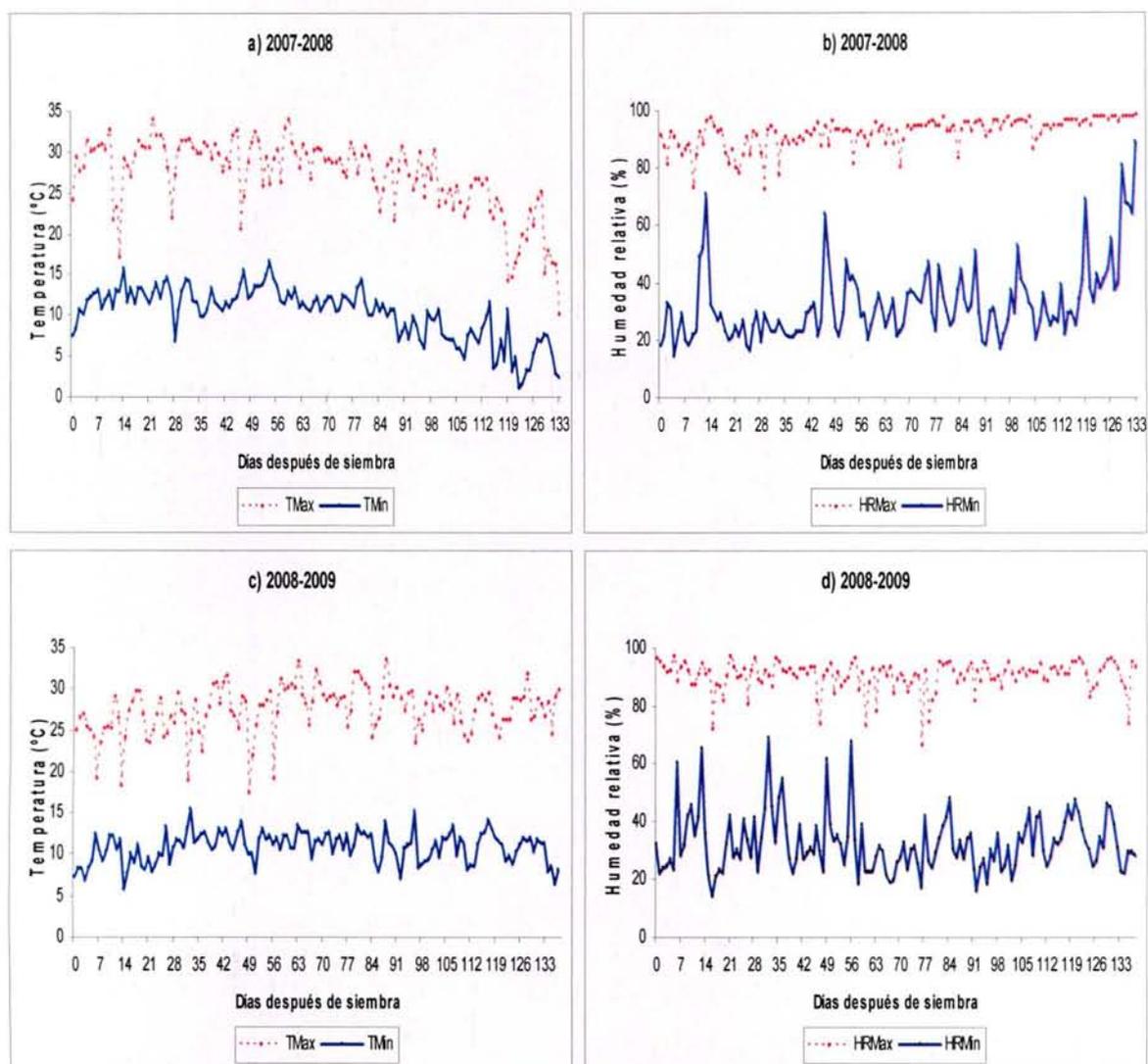


Figura 2.7. Evolución de la temperatura y humedad relativa máxima y mínima: (a y b) temporada 2007-2008 y (c y d) temporada 2008-2009, San Clemente, región del Maule.

La evolución de las variables climáticas para la zona de Retiro, durante el período de desarrollo del cultivo (día 0 para siembra hasta el día 195 para cosecha) en la temporada 2008-2009 se muestran en la figura 2.8.

Para esta zona, la ETr acumulada para el periodo de desarrollo fue de 823,24 mm con un 42,7% (351 mm) entre siembra y floración, un 14% (116 mm) entre floración y llenado de grano y un 43% (361 mm) entre llenado de grano y cosecha. El valor máximo con 13,6mm se registró el día 95 (3 de enero) mientras que el mínimo se registró el día 49 (20 de diciembre) con 1,65 mm. Para el caso de las precipitaciones, el mes de octubre presentó una

acumulación de 19,2 mm presentándose como el período mas influenciado dentro del desarrollo del cultivo.

En el caso de la humedad relativa, el valor mínimo se registro el día 124 (01 de febrero) con un valor de 12,7 % mientras que su máximo se presentó el día 7 (7 de octubre) con 99,7%. Por su parte, la máxima temperatura fue de 35,75°C para el día 95 (3 de enero) mientras que la mínima se registró el día 4 (4 de octubre) con 0,73 °C.

En el Cuadro 2.6, se resume la acumulación de grados días junto con la evapotranspiración de referencia por período fenológico para cada uno de los ensayos realizados.

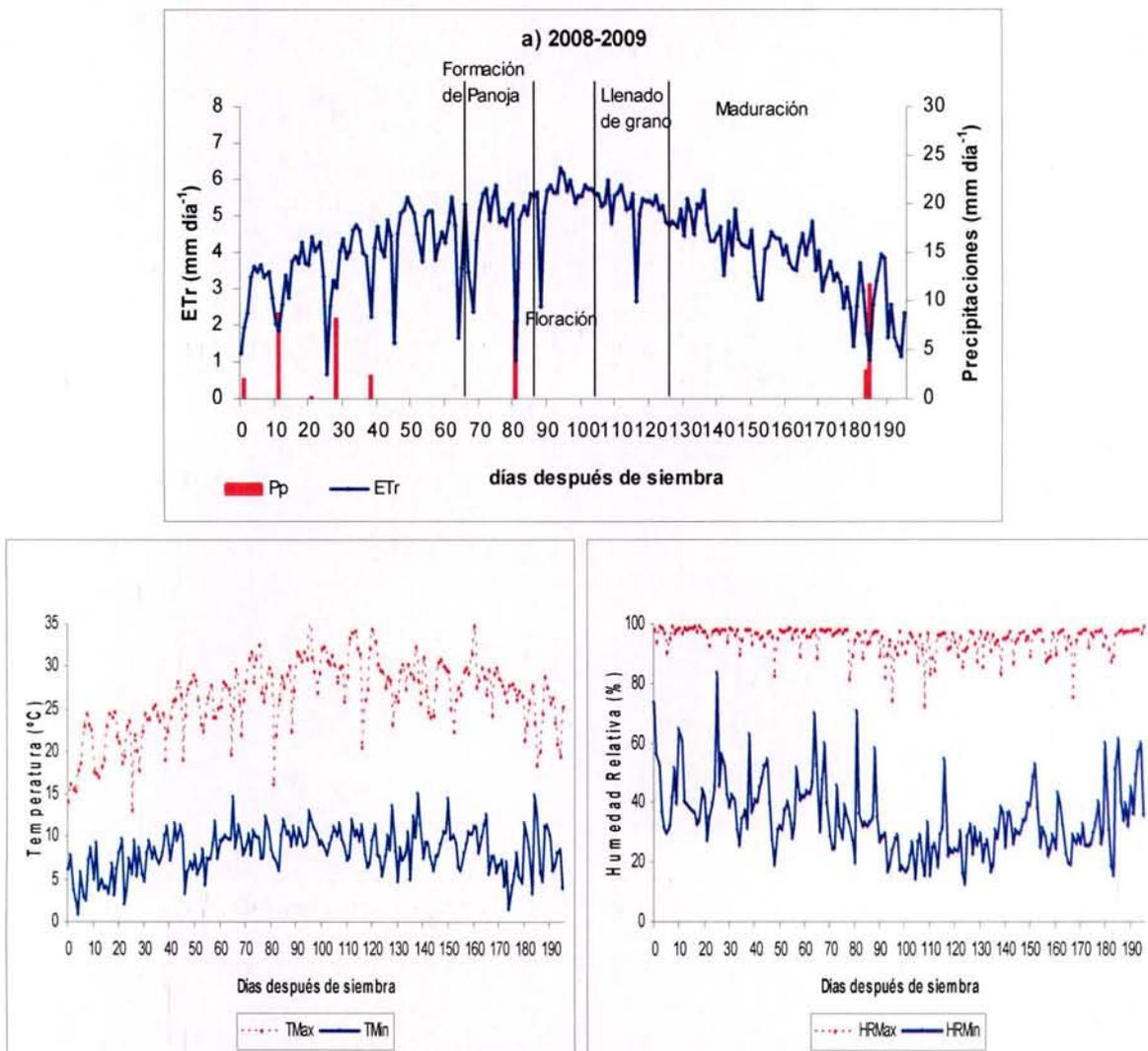


Figura 2.8. Evolución de las variables climáticas: (a) evapotranspiración de referencia (ETr) y precipitaciones (Pp); (b) temperaturas máximas y mínimas y (c) humedad relativa máxima y mínima, durante la temporada 2008-2009. Retiro, región del Maule.

Cuadro 2.6. Acumulación de grados días (GD) y evapotranspiración de referencia (ETr) por período fenológico. Ensayos de maíz semillero y de grano.

Localidad	Variable	Período Fenológico*					Total
		S-FP	FP-F	F-LIG	LIG-M	M-C	
Coltauco	GD	447,8	222,6	152,3	185,8	96,1	1.105
	ETr (mm)	266,2	117,2	74,3	95	43	595,6
San Clemente 2007-2008	GD	603,5	234,9	158,9	92,1	81,1	1.168
	ETr (mm)	336,7	109,5	74,8	50	53,1	624,1
San Clemente 2008-2009	GD	426,68	257,19	154,12	150	282,3	1.270
	ETr (mm)	257,4	146,3	82,6	85,6	135	706,9
Retiro	GD	351	151,3	212,8	161,4	552,8	1.429
	ETr (mm)	261,4	89,7	116,2	89,4	266,5	823,2

S=siembra; FP= formación de panoja; F= floración; LIG=llenado de grano; M= maduración; C= cosecha.

La identificación de los principales estados fenológicos para las distintas zonas de ensayo, se detallan en el Cuadro 2.7, donde se incorporan tanto los días después de siembra (DDS) como los grados días acumulados (GDA) (base 10°C) contabilizados a partir del día 0.

Cuadro 2.7. Principales estados fenológicos identificados para los ensayos de maíz semillero de Coltauco y San Clemente y maíz grano de Retiro.

Zona de Ensayo	Estado Fenológico	Fecha	GDA ₍₁₀₎	DDS
Coltauco (Maíz semillero)	Siembra	30-Oct	0	0
	Formación de Panoja	24-Dic	447	55
	Floración	15-Ene	670	77
	Llenado de Grano	30-Ene	822	92
	Maduración	19-Feb	1.008	112
	Cosecha	03-Mar	1.104	125
San Clemente 2007-2008 (Maíz semillero)	Siembra	14-dic	0	0
	Formación de Panoja	07-feb	601	55
	Floración	29- feb	838	77
	Llenado de Grano	18-mar	996	95
	Maduración	01-Abr	1.087	110
	Cosecha	25-Abr	1.168	133
San Clemente 2008-2009 (Maíz semillero)	Siembra	01-Nov	0	0
	Formación de Panoja	21-Dic	426	50
	Floración	15-Ene	684	75
	Llenado de Grano	30-Ene	837	90
	Maduración	15-Feb	988	106
	Cosecha	18-Mar	1.270	138
Retiro (Maíz grano)	Siembra	30-Sep	0	0
	Formación de Panoja	07-Dic	351	68
	Floración	25-Dic	502	86
	Llenado de Grano	15-Ene	715	107
	Maduración	01-Feb	876	124
	Cosecha	13-Abr	1.429	195

Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

Para el ensayo de la temporada 2007- 2008 realizado en la zona de San Clemente, la programación de riego comenzó en formación de panoja mientras que para los ensayos de la temporada 2008-2009 esta se llevo a cabo a partir del periodo de floración donde se intervino entregándole a los productores una planilla con el detalle de las fechas en que debían ser regados los diferentes tratamientos.

Las cargas de agua aplicadas para cada tratamiento y periodo fenológico para los distintos ensayos se resumen en el Cuadro 2.8. Por otro lado, el Cuadro 2.9 resume las mismas cargas presentadas como número de reposiciones para cada tratamiento por período fenológico.

Cuadro 2.8. Cargas de agua diferenciadas por tratamiento y estado fenológico en maíz semillero en la temporada 2007-2008, San Clemente, Región del Maule.

Zona de Ensayo	Período Fenológico	Cargas de agua aplicadas (mm)				
		T0	T1	T2	T3	T4
Coltauco maíz semillero	Siembra - Formación de panoja	126	126	126	126	126
	Formación de panoja - Floración	126	126	126	126	126
	Floración - Llenado de grano	95	63	95	126	158
	Llenado de grano - Maduración	126	63	95	158	189
	Maduración - Cosecha	63	63	32	95	95
	Total	536	441	473	630	693
San Clemente 2007-2008 maíz semillero	Siembra - Formación de panoja	61	61	61	61	61
	Formación de panoja - Floración	122	122	122	122	122
	Floración - Llenado de grano	245	122	153	275	367
	Llenado de grano - Maduración	61	61	61	61	61
	Maduración - Cosecha					
	Total	490	367	398	520	612
San Clemente 2008-2009 maíz semillero	Siembra - Formación de panoja	93	93	93	93	93
	Formación de panoja - Floración	93	93	93	93	93
	Floración - Llenado de grano	93	47	47	93	140
	Llenado de grano - Maduración	93	47	93	140	93
	Maduración - Cosecha	140	47	93	140	186
	Total	512	326	419	558	605
Retiro maíz grano	Siembra - Formación de panoja	309	309	309	309	309
	Formación de panoja - Floración	132	132	132	132	132
	Floración - Llenado de grano	44	0	44	44	88
	Llenado de grano - Maduración	88	88	44	132	132
	Maduración - Cosecha	176	88	132	176	176
	Total	750	617	662	794	838

Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

Cuadro 2.9. Número de riegos programados para ensayos de maíz, Coltauco, San Clemente y Retiro, temporada 2008-2009.

Zona de Ensayo	Período Fenológico	Número de riegos Programados*				
		T0	T1	T2	T3	T4
Coltauco 2008-2009 (maíz semillero)	Siembra - Formación de panoja	-	-	-	-	-
	Formación de panoja - Floración	-	-	-	-	-
	Floración - Llenado de grano	3	2	3	4	5
	Llenado de grano - Maduración	4	2	3	5	6
	Maduración - Cosecha	2	2	1	3	3
	Total	9	6	7	12	13
San Clemente 2007-2008 (maíz semillero)	Siembra - Formación de panoja	-	-	-	-	-
	Formación de panoja - Floración	3	3	3	4	5
	Floración - Llenado de grano	4	1	2	3	5
	Llenado de grano - Maduración	2	1	1	3	3
	Maduración - Cosecha	-	-	-	-	-
	Total	9	6	7	12	13
San Clemente 2008-2009 (maíz semillero)	Siembra - Formación de panoja	-	-	-	-	-
	Formación de panoja - Floración	-	-	-	-	-
	Floración - Llenado de grano	2	1	1	2	3
	Llenado de grano - Maduración	2	1	2	3	2
	Maduración - Cosecha	3	1	2	3	4
	Total	7	3	5	8	9
Retiro 2008-2009 (maíz grano)	Siembra - Formación de panoja	-	-	-	-	-
	Formación de panoja - Floración	-	-	-	-	-
	Floración - Llenado de grano	1	0	1	1	2
	Llenado de grano - Maduración	2	2	1	3	3
	Maduración - Cosecha	4	2	3	4	4
	Total	7	4	5	8	9

Fuente: Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA).

En la Figura 2.9 se presenta la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo donde se observa que los niveles de humedad estuvieron por sobre capacidad de campo para la totalidad de los tratamientos en las fechas de mediciones. No se detectó diferencias significativas entre ellos (Cuadro 2.10), lo cual indica que las reposiciones de agua sugeridas no se aplicaron de manera correcta.

Las posibles causas de los excesivos y homogéneos niveles de humedad detectados se deberían en parte al mal funcionamiento del sistema de riego (surcos) el que por emparejamiento del terreno, posiblemente a causa de caudales elevados y a un débil control de malezas (Figura 2.10), provocó que las aplicaciones de agua se filtraran de un surco a otro transformando este sistema en un riego por “tendido”.

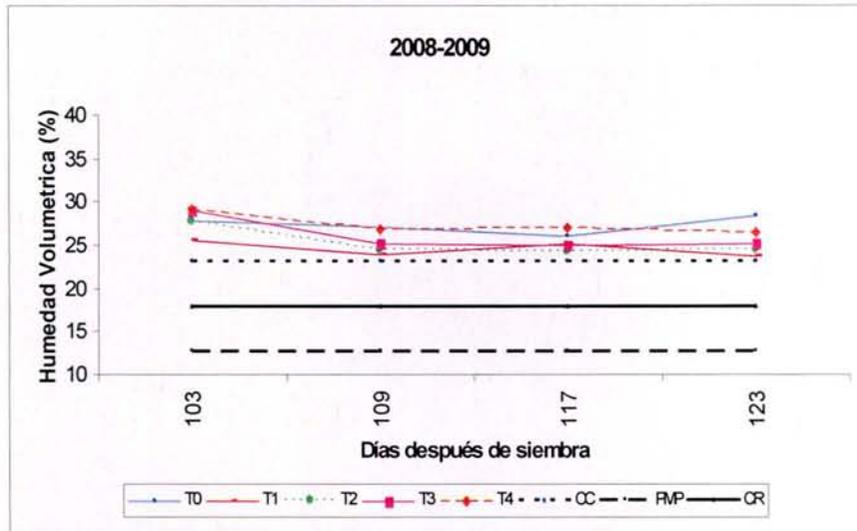


Figura 2.9. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, Maíz Semillero, para la temporada agrícola 2008-2009, Coltauco, VI región. Los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se incluyen como referencia.

Cuadro 2.10. Mediciones del contenido de humedad volumétrica (%) Maíz Semillero. Coltauco, Región de O'Higgins.

Tratamiento	Fecha de medición			
	103	109	117	123
T0	28,0	27.1	26.1	28.4
T1	25.6	24,0	25.2	23.8
T2	27.7	24.4	24.3	24.4
T3	28.9	25.3	25	25.3
T4	29.2	26.8	27.1	26.5
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V	9,9	7,5	9,8	10,4

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).



Figura 2.10. Problemas de borrado de surcos debido al escaso control de malezas.

En el ensayo de San Clemente durante la temporada 2007-2008, el contenido de humedad volumétrica de suelo para el tratamiento T0 se mantuvo por debajo del valor crítico durante el periodo de formación de panoja y durante el inicio de floración. Para los tratamientos T1 y T2 la humedad se mantuvo bajo el criterio de riego durante todo el período de desarrollo, esto provocaría efectos detrimentales en el rendimiento de grano del maíz semillero. Para los tratamientos T3 y T4 el contenido de agua del suelo se mantuvo sobre el valor crítico durante todo el periodo de desarrollo, salvo nueve días durante el de llenado de granos, en los que la humedad de suelo permaneció ligeramente por debajo de este valor (Figura 2.11 a).

Por su parte, en la temporada 2008-2009, no se registraron tratamientos con niveles de humedad por debajo del umbral. La diferencia mas clara se establece con T1 durante el periodo de maduración, donde T1 tuvo un nivel de humedad significativamente mas bajo que el resto de los tratamientos (Figura 2.11 b).

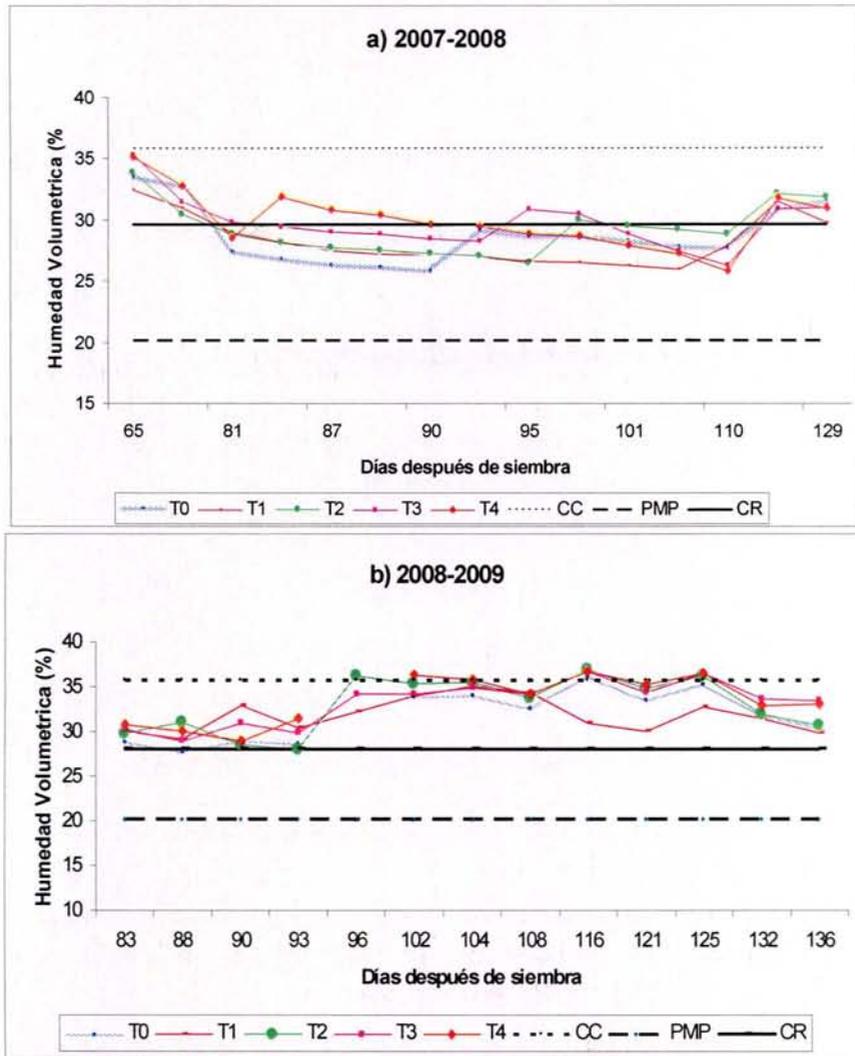


Figura 2.11. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, Maíz Semillero, San Clemente, Región del Maule (a) temporada agrícola 2008-2009 y (b) temporada 2008-2009. Los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se incluyen como referencia.

No se pudo establecer una diferencia significativa constante entre los tratamientos durante la temporada 08-09 (Cuadro 2.11), debido principalmente a problemas de inundación por desborde de la acequia principal ocurridos durante el período de evaluación los que provocaron una homogenización en los niveles de humedad del sector del ensayo (Figura 2.12).

Cuadro 2.11. Mediciones del contenido de humedad volumétrica (%) Maíz Semillero, temporada 2008-2009. San Clemente, región del Maule.

	Día de medición					
Tratamiento	88	90	93	96	102	104
T0	28.9	27.9	29.1	28.7	33.9	34.1
T1	30.2	29.2	30.6	31.5	34.1	35.2
T2	29.9	31.1	28.5	28,0	35.4	35.6
T3	30.3	29.2	31.1	30,0	34.2	35,0
T4	30.9	30.1	29.1	31.7	36.4	36,0
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	5.3	6.1	7.7	8.1	5.3	3.8
Tratamiento	108	116	121	125	132	136
T0	32.7	36.3 a	33.5 a	35.4 a	32,0	30.5 c
T1	34.6	31.1 b	30.1 b	32.9 b	31.6	30.0 c
T2	33.8	37.0 a	34.9 a	36.3 a	31.9	30.8 bc
T3	34.4	36.8 a	34.5 a	36.6 a	33.8	33.6 a
T4	34.3	36.8 a	35.3 a	36.7 a	33,0	33.2 ab
Significancia	n.s.	**	**	**	n.s	*
C.V. (%)	4.5	-	-	-	5.8	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).



Figura 2.12. Problemas de anegamiento en el sector de ensayo de Maíz Semillero, temporada 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

En la Figura 2.13 se presenta la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo del ensayo realizado en Retiro, donde se puede observar que los niveles de humedad

registrados se mantuvieron entre PMP y el umbral de riego (CR). Para las mediciones realizadas, solo se detectó una diferencia significativa en el período entre floración y llenado de grano. En general, los distintos tratamientos mostraron una homogeneidad en los niveles de humedad del suelo (Cuadro 2.12).

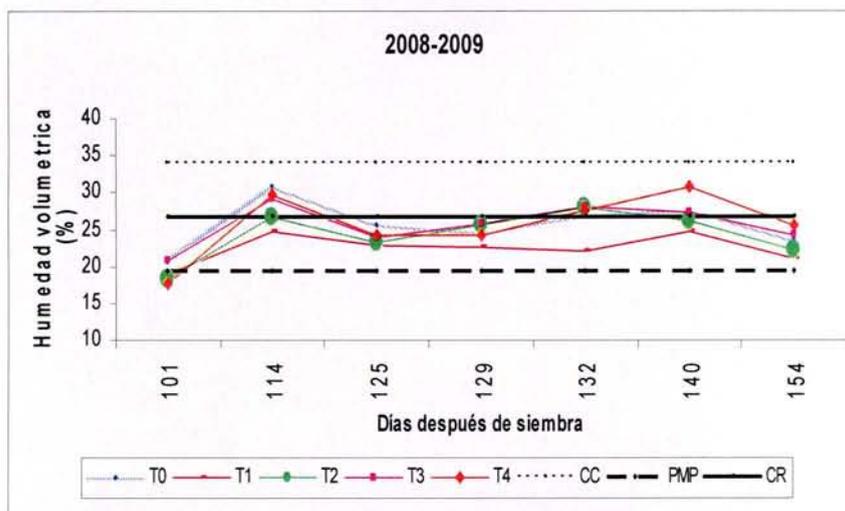


Figura 2.13. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, Maíz grano, para la temporada agrícola 2008-2009, Retiro, Región del Maule. Los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se incluyen como referencia.

Cuadro 2.12. Mediciones del contenido de humedad volumétrica (%) Maíz grano, temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Tratamiento	Día de Medición						
	101	114	125	129	132	140	154
T0	20.8	30.9 a	25.6	24.5	27,0	27.9	23.7
T1	19.2	24.9 bc	22.9	22.8	22.2	24.8	21.3
T2	18.4	26.7 c	23.4	25.5	28,0	26.3	22.2
T3	21,0	29.4 ab	24,0	25.9	28.4	27.6	24.3
T4	17.9	29.8 ab	24.4	24.3	27.8	30.9	25.7
Significancia	n.s	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s
C.V	11.1	-	6.2	13.2	13.7	12.4	11.9

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

El análisis estadístico de las principales variables de cosecha obtenidas del ensayo realizado en Coltauco, se presenta en el Cuadro 2.13, donde se puede observar que ninguna de las variables de rendimiento analizadas presentó diferencias significativas. Una posible causa de esto podría atribuirse a la alta variabilidad de los datos obtenidos, lo que a su vez tendría relación con problemas en la polinización de las plantas debido a una desuniformidad en la liberación (Machos) y/o recepción (Hembras) de polen.

Por su parte, la altura de planta al momento de cosecha, si arrojó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo las plantas del tratamiento T4 las que obtuvieron mayor altura, mientras que las del tratamiento T2 resultaron ser las mas bajas.

Cuadro 2.13. Indicadores de cosecha para Maíz Semillero con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009. Coltauco, Región de O'Higgins.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Nº Granos/mazorca	Peso promedio de grano	Rendimiento (qq ha ⁻¹)
T0	175 b	178.9	0.31	32.1
T1	172.3 bc	193.6	0.29	30.9
T2	166.9 c	174.6	0.35	29.8
T3	175.2 b	188.3	0.29	31.2
T4	181.4 a	168.3	0.31	31.3
Significancia	**	n.s	n.s.	n.s
C.V. %	-	43.7	35.0	41.7

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En el Cuadro 2.14 se presentan los componentes del rendimiento de grano de maíz semillero, temporada 2007-2008, San Clemente, donde se observa que la mayor cantidad de granos, tanto en primera como en segunda mazorca, se obtiene con tratamientos superiores a un 75% de la *ETa*. En cuanto a los rendimientos totales, considerando una humedad de grano de un 15,5%, los mayores valores lo obtuvieron T0 y T3. T1 mostró el menor rendimiento con respecto a T0. Por otra parte, el tratamiento T2 muestra una baja respecto a T0, similar a lo determinado por Ko y Piccini, (2008), quienes señala que con una reposición de un 75% de la *ETa* los rendimientos disminuyen en un 10%, además, El-

Hedawy et al., (2008) indica que con una reposición inferior a un 60% de la ET_a se produce una merma de un 64%. Payero et al., (2008) determinó que estos rendimientos se incrementaron con el aumento de la reposición hídrica, hasta un punto en que el riego se hizo excesivo, esto explicaría que el tratamiento T4 no muestre aumentos significativos en comparación a los otros tratamientos.

Cuadro 2.14. Efecto de cinco laminas de agua sobre el rendimiento de maíz semillero en la temporada 2007-2008. , San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	N° de granos 1° mazorca	Rendimiento (qq ha ⁻¹).1° mazorca a 15,5% de Humedad	N° de granos 2° mazorca	Rendimiento (qq ha ⁻¹) 2° mazorca a 15,5% de Humedad.	Rendimiento total (qq ha ⁻¹) a 15,5% de Humedad.
T0	127,40 a	16,06	75,86 ab	10,20	30,79 a
T1	86,53 b	11,96	54,90 b	7,76	19,73 c
T2	121,36 a	16,16	70,40 b	8,00	25,06 b
T3	111,40 a	14,50	59,10 b	8,13	22,63 ab
T4	111,90 a	15,23	96,93 a	8,90	23,36 b
Significancia	*	n.s	*	n.s	*

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

Las diferencias encontradas para el número de granos en la primera mazorca muestran un claro efecto de los tratamientos sobre este componente. La mayor diferencia se aprecia entre los tratamientos T0 y T1 con un 32%.

Dentro de las variables de rendimiento evaluadas durante la temporada 2008-2009, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el número de granos por mazorca y para el número de quintales por hectárea. El peso promedio de granos no varió significativamente entre los distintos tratamientos. De acuerdo a los resultados, el tratamiento T2, obtuvo el mayor rendimiento de grano con 58,2 quintales por hectárea. Mientras que el menor rendimiento se encontró en el tratamiento T1 con 31,7. Los tratamientos T3 y T4 solo se diferenciaron estadísticamente con el tratamiento T1. El número de granos por mazorca arrojo que los tratamientos T2, T3 y T4 no se diferenciaron

estadísticamente, pero sí hubo diferencia entre T2 y T0 y T2 y T1 siendo T2 quien obtuvo mayor número de granos por mazorca. En cuanto a la altura de planta T3 y T4 resultaron ser estadísticamente mayor a T1 y T2 pero no mostraron diferencias con T0 (Cuadro 2.15).

Cuadro 2.15. Indicadores de cosecha para Maíz Semillero con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009. San Clemente, Región del Maule.

Tratamiento	Altura de Planta (cm)	Nº Granos/mazorca	Peso Promedio de grano (gr)	Rendimiento (qq ha ⁻¹)
T0	139.0 ab	165.3 c	0.42	44 bc
T1	133.3 bc	116.1 bc	0.50	31.7 c
T2	130.9 c	226.5 a	0.41	58.2 a
T3	144.3 a	183.3 ab	0.46	52.1 ab
T4	144.3 a	184.8 ab	0.46	54.1 ab
Significancia	**	**	n.s.	**
C.V. %	-	-	52	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

El análisis estadístico para el maíz de grano de la zona de Retiro, se muestra en el Cuadro 2.16. Dentro de las variables de rendimiento evaluadas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el número de granos por mazorca y para el número de quintales por hectárea. El peso promedio de granos no varió significativamente entre los distintos tratamientos.

De acuerdo a los resultados, el tratamiento T0, obtuvo el mayor rendimiento de grano con 169,6 quintales por hectárea. Mientras que el menor rendimiento se encontró en el tratamiento T3 con 139 qq ha⁻¹. Los tratamientos T2 y T4 no mostraron diferencias con el tratamiento T3 y tampoco con el tratamiento T1. El número de granos por mazorca muestra diferencias similares con el rendimiento, siendo T0 el de mayor valor. Para esta variable T2 y T4 no se diferencian estadísticamente entre ellos.

Cuadro 2.16. Indicadores de cosecha para Maíz grano con diferentes niveles de reposición hídrica, temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Tratamiento	Nº Granos/mazorca	Peso Promedio de grano	Rendimiento (qq ha ⁻¹)
T0	528,1a	0.40	169,6a
T1	467,8c	0.40	147,2bc
T2	521,9ab	0.38	157,7ab
T3	480,7bc	0.36	139,0c
T4	517,7ab	0.39	157,7ab
Significancia	*	n.s	**
C.V.%	-	12.1	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). : Significancia: n.s.: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

2.4 Conclusiones

En base al ensayo de la temporada 2007-2008 en la zona de San Clemente, se puede concluir que para el número de granos por mazorca se observó una diferencia significativa, tanto para la primera como para la segunda mazorca. En el caso de la primera mazorca la mayor diferencia se presentó entre los tratamientos T0 y T1 con 127,4 y 86,53 granos, respectivamente. Para la segunda mazorca T4 tuvo significativamente mayor número de granos que T1, T2 y T3, mientras que T0 no presentó diferencias con ninguno de los tratamientos evaluados en este parámetro. El rendimiento total expresado en qq ha⁻¹ mostró diferencias en cuanto a que T0 con 30.8 qq ha⁻¹ resultó ser significativamente mayor a T1, T2 y T4. Durante la segunda temporada, en la zona de San Clemente, las diferencias significativas encontradas para las altura de planta y el número de granos son difíciles de atribuir a diferencias en las cargas de agua aplicadas dado que solo se identificaron diferencias significativas en los niveles de humedad de suelo a partir del periodo de maduración, instancia en la cual ambas variables ya estaban definidas en el desarrollo del maíz. En cuanto al rendimiento final, T2 con 58,2 qq ha⁻¹ resultó ser significativamente

mayor a T1 y T0, en los que se obtuvo 31,7 y 44 qq ha⁻¹ mientras que los tratamientos T3 y T4 (52,1 y 54,1 qq ha⁻¹) sólo presentaron diferencias con T1.

Para el ensayo de maíz grano realizado en la zona de Retiro durante la temporada 2008-2009, la diferencia significativa provocada solo en el periodo de floración y llenado de grano puede explicar las diferencias encontradas en el número de granos por planta y finalmente en el rendimiento final. El mayor y menor número de granos por mazorca se encontraron en T0 y T1 con 528,1 y 467,8, respectivamente. En cuanto a los rendimientos, T0 resultó ser significativamente mayor a T1 y T3, en tanto que los rendimientos de T2 y T4 resultaron significativamente similares a T0 y T1.

Al combinar los resultados de todos estos ensayos de maíz, tanto de humedad como de rendimientos, se obtienen los coeficientes de cultivo de: siembra 0,4; formación de panoja 0,7; floración 1,2; llenado de grano 0,9 y maduración 0,6, como los mas apropiados independiente del tipo de maíz, en conjunto con un criterio de riego del 50%.

2.5 Bibliografía

Agroeconómico. 2008. Chile también quiere ser potencia semillera mundial. Disponible en www.agroeconomico.cl, visitado en Junio de 2009.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M. FAO, 1998. Irrigation and drainage Paper Crop Evapotranspiration, 56: 209 P.

Boyer, J. and Westgate, M. 2004. Grain yields with limited water. *Journal of Experimental Botany*, 55: 407.

Commuri, P. and Jones, R. 2001. High temperatures during endosperm cell division in maize. A genotypic comparison under in vitro and field conditions. *Crop Science*, 41: 1122-1130.

Çakir, R.. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89: 1-16.

Dioudis, P., Filintas, A. and Papadopoulos, A. 2009. Corn yield response to irrigation interval and the resultant savings in water and other overheads. *Irrigation and drainage*, 58: 96-104.

El-Hadawy, S., El-Lattief, E. and Ahmed, M. 2008. Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigation corn. *Agricultural Water Management*, 95: 836-844.

Faiguenbaum, H. 2003. *Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile*. Impresora y Editorial Ograma S.A., Santiago, Chile, 475p.

Farré, I. and Faci, J. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 96: 383-394.

Jansen, M. 1983. *Design and operation of form irrigation system*. American Society of Civil Engineers, New York, USA, 829p.

Jara, J., Stockle, C. and Kjelgaard, J. 1998. Measurement of evapotranspiration and its components in a corn (*Zea Mays L.*) field. *Agricultural and Forest Meteorology*, 92:131-145.

Kang, S., Gu, B., Du, T. and Zhang, J. 2002. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. *Agricultural Water Management*, 59: 239-254.

Ko, J., and Piccinni, G. 2009. Corn yield responses under crop evapotranspiration--based irrigation management. *Agricultural water management*, 96: 799-808.

Li, S., Kang, S., Li, F. and Zhang, L. Evapotranspiration and crop coefficient of spring maize with plastic mulch using eddy covariance in northwest China. *Agricultural Water Management*, 95: 1214-1222.

Liu, C., Zhang, X. and Zhang, Y. 2002. Determination of daily evaporation and evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing lysimeter and micro-lysimeter. *Agricultural and Forest Meteorology*, 111: 109-120.

Martinez-Cob, A. 2008. Use of thermal units to estimate corn crop coefficients under semiarid climatic conditions. *Irrigation Science*, 26: 335-345.

Mora, J. 2004. Evaluación del efecto de cuatro láminas de riego sobre el crecimiento y componentes del rendimiento en maíz semillero. Memoria de Título. Universidad de Talca, Talca.

Neumann, E., Galleguillos, J. y Arcos, X. 2007. Agropecuarias, Informe anual. Instituto Nacional de Estadísticas. 148p.

Ortega-Farias, S., Rigetti, T., Sasso, F., Acevedo, C., Matus, F. and Moreno, Y. 2003. Site-specific management of irrigation water in grapevines. IX Latin American Congress on Viticulture and Enology; Symposium on Precision Viticulture. Pontificia Universidad de Católica de Chile, Santiago, Chile, 55-71

Pandey, R., Maraville, J. and Admou, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*, 46: 1-13.

Payero, J., Melvin, R., Irmak, S. and Tarkalson, D. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*, 84: 101-112.

Poblete-Echeverría, C. and Ortega-Farias, S. 2009. Estimation of actual evapotranspiration for a drip-irrigated Merlot vineyard using a three-source model. *Irrigation Science*. On line first.

Rana, G. and Katerji, N. (2008). Direct and indirect methods to simulate the actual evapotranspiration of an irrigated overhead table grape vineyard under Mediterranean conditions. *Hydrological Processes*, 22: 181-188.

Servicio Agrícola y Ganadero, 2008. Panorama estadístico. Certificación para exportación. Disponible en www.sag.gob.cl/portal, visitado en junio de 2009.

Urrea, S. 2004. Efecto de tres cargas de agua sobre el rendimiento de maíz semillero. Memoria de Título. Universidad de Talca. Talca.

Yazar, A., Howell, T.A., Dusek, D.A. and Copeland, K.S., 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. *Irrigation Sciences*, 18: 171-180.

3. Ensayo Manzano

3.1. Introducción

Chile actualmente, cuenta con alrededor de 37.000 ha plantadas de manzanos, de las cuales 28.000 ha corresponden a variedades rojas, localizadas principalmente en la zona central del país, donde se presentan las condiciones climáticas y de suelo adecuadas para su desarrollo. Las principales variedades de manzanas cultivadas en Chile son; Fuji, Red Delicious, Pink Lady, Granny Smith y Royal Gala, las cuales poseen diferentes características de calibre, color, sabor y tiempo de cosecha, que las hacen ser demandadas por diferentes mercados (Cerdea *et al.*, 2004). En términos de volumen, Chile es el principal exportador de manzanas del hemisferio sur, seguido de Nueva Zelanda y Sudáfrica, llegando el año 2008 a exportar 726 mil toneladas, siendo el principal destino el mercado europeo, con un 38% del total de cajas exportadas (Centro de Pomáceas, 2009).

El manzano, corresponde a una de las especies frutícolas mayormente cultivada en un amplio tipo de climas y suelo (Zegbe *et al.*, 2007). Sin embargo, la disponibilidad de agua se ha convertido en una limitante, principalmente debido a las fuertes sequías ocasionadas por el cambio climático y el fenómeno de la niña, el cual genera una alteración en las precipitaciones (Herrera, 1999). En Chile, desde la VIII Región al norte se presenta un déficit pluviométrico que predomina durante gran parte del año. Mas específicamente entre la V y VII Regiones se ha experimentado una disminución en la pluviometría de hasta un 79%, con graves consecuencias en diversos sectores económicos del país, entre ellos la agricultura (Dirección meteorológica de Chile, 2009). Transformando al agua, como uno de los factores indispensables para obtener altos rendimientos y buena calidad al momento de cosecha (Herrera, 1999).

Debido a lo anterior, y a que en la mayor parte del mundo el recurso hídrico es limitado y costoso, se hace necesario idear nuevas técnicas de riego que ayuden a su ahorro y conservación. En Chile desde fines de la década de los '80, la escasez generalizada de agua

para la agricultura, provocó una fuerte necesidad de crear estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de su uso. Un primer paso fue la implementación de sistemas de riego localizado, lo que permitió aumentar la eficiencia en la aplicación de agua de un 45 o un 50%, obtenida con riegos superficiales, a un valor cercano a un 90%. Junto con esto, la programación del riego se presenta como una metodología que permite determinar el nivel óptimo de agua a aplicar en cada período fenológico, con lo cual se mejora la eficiencia en su uso. Sin embargo, esta técnica requiere de la calibración local de algunos parámetros incorporados en su metodología, tales como el coeficiente de cultivo (K_c) y el criterio de riego (Ortega-Farías *et al.*, 2003).

El coeficiente de cultivo, se presenta como un factor fundamental en la programación del riego, ya que éste relaciona la demanda hídrica de la atmósfera con la del cultivo, en sus distintos períodos fenológicos. En relación a esto, el manzano presenta tres fases de crecimiento claramente definidas, la primera comienza con la brotación y dura aproximadamente 90 días, con un coeficiente de cultivo (K_c) que va desde 0,55 hasta 1,0 a fines de diciembre. La segunda etapa se extiende desde los primeros días de enero hasta la recolección, manteniendo un K_c constante de 1,0, mientras que la tercera etapa transcurre entre la cosecha y la caída de las hojas, período que dura entre 20 y 50 días, manteniendo un K_c de 0,7 (Ferreyra y Sellés, 1998). Aunque diversas investigaciones en la estimación de los valores de K_c se han llevado a cabo por décadas, continúa habiendo desacuerdos en la exactitud de dichos coeficientes bajo diferentes condiciones, ya que este factor se encuentra en función del clima, variedad, suelo, sistema de conducción y manejo agronómico (Olmedo, 2005).

Actualmente el déficit hídrico controlado, es una estrategia ampliamente utilizada para ahorrar agua en la producción de manzanos y en una amplia gama de especies frutales, entregando sólo en los períodos más críticos del desarrollo el agua necesaria, restringiéndola en aquellos momentos menos importantes (Ferreyra y Sellés, 1998). Esta técnica en sus inicios se introdujo en zonas semiáridas, como una opción para ahorrar agua, reducir el crecimiento vegetativo a favor del crecimiento de la fruta, mejorar la calidad sin provocar bajas en la producción y minimizar las pérdidas de nutrientes por fertirrigación (Ro, 2001). En diversos estudios, se ha indicado que es posible manejar exitosamente huertos de alta densidad, aplicando un estrés durante la primera etapa de crecimiento de los

brotos, durante la I etapa de crecimiento de los frutos y al inicio de la II etapa de crecimiento de los frutos, manteniendo el nivel productivo y mejorando la calidad final de los frutos (Ferreyra y Sellés, 1998). Mientras que un déficit a finales de la etapa II y durante la etapa III de crecimiento de frutos, afectaría los parámetros que definen su calidad (Ferreyra y Sellés, 1998). Por su parte, otros estudios han indicado que el déficit hídrico controlado, disminuiría el tamaño de los frutos y por ende el rendimiento, mejorando la calidad en términos de incrementos en la concentración de sólido solubles totales, concentración de materia seca, firmeza y menor pérdida de peso del fruto en el almacenamiento. Ferreyra y Sellés (1998), encontraron que el período de maduración del fruto sería el más sensible a la falta de agua, ya que es el período de mayor tasa de crecimiento. Para Naor *et al.* (1995), un árbol bien regado debería presentar potenciales de xilema que varían entre -0,5 y -1,5 MPa.

Objetivos:

- Determinar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica sobre el rendimiento y peso de fruto en manzana cv. Royal Gala y cv. Pink Lady.
- Realizar una calibración local del coeficiente de cultivo (Kc) para manzana cv. Royal Gala y cv. Pink Lady.

3.2. Metodología y pauta de trabajo

Con el fin de evaluar el efecto de distintos niveles de reposición hídrica, sobre la producción de diferentes huertos comerciales de manzano, se llevaron a cabo dos ensayos durante la temporada 2007-08 y tres durante la temporada 2008-09. Los ensayos estuvieron ubicados en la Segunda sección del río Cachapoal, Asociación canal Maule Norte y Junta de Vigilancia del río Longaví. (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Ubicación, variedad, superficie, marco de plantación y riego, para los ensayos de las temporadas 2007-08 y 2008-09.

2007-08					
	ubicación	variedad	superficie	marco plantación	Riego
2ª Sección del Río Cachapoal	Coltauco, Región de O'Higgins (lat. -34,20°, long. -71,01°, 312 m.s.n.m)	Royal Gala	512 m ²	4,0 m x 2,0 m	2 líneas de goteros con 8 goteros/pl (4 l h ⁻¹)
Asociación Canal Maule Norte	Pelarco, Región del Maule ((lat. -35,42°, long. -71,01°, 205 m.s.n.m)	Royal Gala	288 m ²	4,0 m x 1,5 m	2 líneas de goteros con 4 goteros/pl (4 l h ⁻¹)
2008-09					
	ubicación	variedad	superficie	marco plantación	Riego
2ª Sección del Río Cachapoal	Coltauco, Región de O'Higgins (lat. -34,20°, long. -71,01°, 312 m.s.n.m)	Royal Gala	512 m ²	4,0 m x 2,0 m	2 líneas de goteros con 8 goteros/pl (4 l h ⁻¹)
Asociación Canal Maule Norte	Pelarco, Región del Maule ((lat. -35,42°, long. -71,01°, 205 m.s.n.m)	Royal Gala	288 m ²	4,0 m x 1,5 m	2 líneas de goteros con 4 goteros/pl (4 l h ⁻¹)
Junta de Vigilancia Río Longaví	Retiro, Región del Maule (lat. -36,17°, long. -71,59°, 297 m.s.n.m)	Pink Lady	1.000 m ²	4,0 m x 2,0 m	1 microaspersor cada 2 plantas (35 l h ⁻¹)

La caracterización de los suelos de los tres sectores de ensayo, se presentan en el Cuadro 3.2, donde se observa el porcentaje de arena, limo y arcilla, además de la clase textural, la capacidad de campo (%) y el punto de marchitez permanente (%).

Cuadro 3.2. Propiedades físico hídricas del suelo, ensayos manzano 2007-08 y 2008-09.

Ensayo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	CC (% vol)	PMP (% vol)
Coltauco	27	41	32	Franco arcilloso	35,1	20,2
Pelarco	37	30	34	Franco arcilloso	34,9	21,6
Retiro	35	53	12	Franco limoso	33,5	13,2

Los requerimientos hídricos de los huertos, fueron estimados a partir de la evapotranspiración actual (ETA) (Ecuación 1).

$$ETa = ETr \times Kc \quad (1)$$

donde: ETa= evapotranspiración actual (mm día⁻¹), ETr= evapotranspiración de referencia (mm/día) y Kc = coeficiente de cultivo (adimensional).

La evapotranspiración de referencia, se determinó a través del método de Penman-Monteith, el cuál describe la evapotranspiración diaria de una referencia de pasto hipotética (Ecuación 2), usando datos provenientes de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) en referencia cercanas a los lugares de ensayo (Coltauco, Pelarco y Retiro), las cuales miden variables de temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar y velocidad del viento (Figura 3.1). Mientras que los valores de Kc usados para esta investigación, se describen en el Cuadro 6.2.36.

$$ETr = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

donde: ETr = evapotranspiración sobre un cultivo de referencia (mm día⁻¹), Rn= radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹), G= flujo del calor del suelo (MJ m⁻² día⁻¹), T= temperatura promedio del aire a 2 metros de altura (°C), U₂= velocidad promedio diaria del viento a dos metros de altura (m/s), e_s= presión de vapor en saturación (kPa), e_a= presión de vapor actual (kPa), Δ= pendiente de la curva de presión de vapor versus la temperatura (kPa/°C) y γ = constante psicrométrica (kPa/°C).



Figura 3.1 a-b y c. Estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) en referencia, a) Coltauco, b) Pelarco y c) Retiro.

Los coeficientes de cultivo utilizados en los ensayos de manzano cv. Royal Gala y cv. Pink Lady. Temporada 2007-08 y 2008-09, para cada período fenológico se describen en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Coeficientes de cultivo usados en manzano cv. Royal Gala y cv. Pink Lady. Temporada 2007-08 y 2008-09.

Etapa Fenológica	Coefficiente de Cultivo (Kc)
Brotación	0,55
Floración	1,0
Cuaja	1,0
Desarrollo de fruto	1,0
Cosecha	0,7

Fuente: Adaptado de FAO 2006.

El tiempo de riego para un sistema por goteo, se calculó a través de la siguiente expresión:

$$TR = \frac{ETa \times AU}{Ne \times Ea \times q} \quad (3)$$

donde: TR= tiempo de riego (hr), ETa= evapotranspiración actual (mm día⁻¹), AU= marco de plantación (m²), Ne= número de emisores por planta, Ea= eficiencia de aplicación (%) y q= caudal del emisor (l h⁻¹).

Por su parte el tiempo de riego para un sistema de riego por microaspersión, se determinó a través de la siguiente expresión:

$$TR = \frac{VRN}{Ae} \quad (4)$$

donde: TR= tiempo de riego (hr), VRN= volumen de reposición neta (m³ ha⁻¹ día⁻¹) y Ae= aporte de los emisores (m³ h⁻¹ ha⁻¹).

El volumen de reposición neta se determinó a través de la siguiente expresión:

$$VRN = \frac{ETa \times AU}{EFa} \quad (5)$$

donde: ETa= evapotranspiración actual (mm día⁻¹), AU= área unitaria o marco de plantación (m²) y Efa= eficiencia de aplicación (0,85-0,90).

Mientras que el aporte de los emisores se determinó de la siguiente manera:

$$AE = \left[\frac{Qa}{DEL \times DEa} \right] \times 10 \quad (6)$$

donde: Q_a = caudal del microaspersor ($l\ h^{-1}$), DEL = distancia entre laterales (m) y DEa = distancia entre microaspersores (m).

Mientras que la frecuencia de riego se determinó, para ambos sistemas, a partir del criterio de riego establecido y de la capacidad de estanque que presentan cada uno de los suelos en los diferentes ensayos.

En cada huerto estudiado, se estableció un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron cinco niveles de reposición hídrica, 50, 75, 100, 125 y 150% del riego aplicado por el productor (Cuadro 3.4). Así, cada parcela experimental, generó un total de cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno y a su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta por tres plantas (Figura 3.2). En relación al riego, este se realizó semanalmente de acuerdo a una planilla de programación que fue entregada al productor, siendo considerado este riego como el tratamiento testigo (T0).

Cuadro 3.4. Tratamientos de riego en manzano cv. Royal Gala y cv. Pink Lady. Temporada 2007-08 y 2008-09.

Tratamiento	Reposición Hídrica (%)
T0	100% Riego Productor
T1	50% Riego Productor
T2	75% Riego Productor
T3	125% Riego Productor
T4	150% Riego Productor

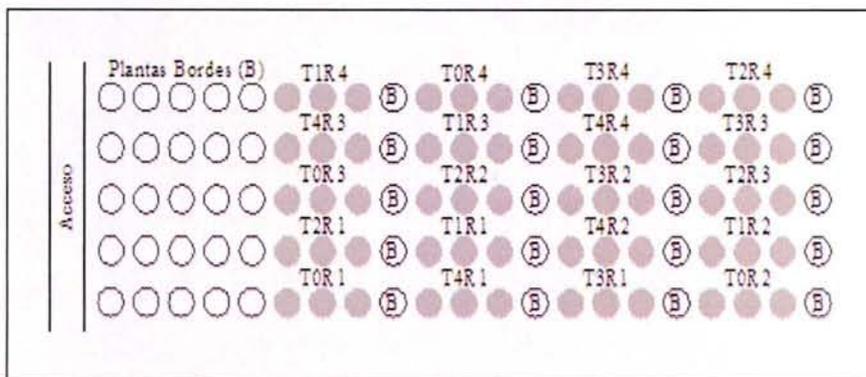


Figura 3.2. Disposición de las parcelas de ensayo en manzano cv. Royal Gala y cv. Pink Lady. Temporada 2007-08 y 2008-09.

La identificación de los diferentes estados fenológicos, para manzano cv. Royal Gala y cv. Pink Lady, se presentan en el cuadro 3.5. Estados fenológicos, que son utilizados para realizar el ajuste de los diferentes coeficientes de cultivo (Kc), extraídos de literatura.

Cuadro 3.5. Principales estados fenológicos para manzano.

Estado Fenológico	Imagen	Estado Fenológico	Imagen
Brotación		Desarrollo de fruto	
Floración		Cosecha	
Cuaja		Postcosecha	

Para determinar el estado hídrico del suelo, se realizaron mediciones semanales a través de la técnica de la reflectometría en el tiempo (TDR, Trase System, Inc., California, USA), usando varillas de acero inoxidable de 60 cm. de largo, ubicadas a 20 cm. del gotero más próximo a la planta central (Figura 3.3).



Figura 3.3. Medición del estado hídrico del suelo con TDR usando varillas de acero inoxidable de 60 cm de longitud en ensayo de manzano.

Para determinar el estado hídrico de la planta, se midió el potencial hídrico del xilema al mediodía mediante una cámara de presión (Bomba Scholander, PMS Instruments Co., Oregon, EE.UU.), para lo cuál se selecciona una hoja madura y totalmente expandida por repetición, las que se envuelven en film plástico y en papel aluminio una hora antes de realizar la medición, una vez cumplido este tiempo se realiza un corte con bisturí o un cuchillo cartonero, tratando que este sea lo mas limpio posible (evitando dañar la zona de corte). Después, la hoja es fijada al cabezal dejando que una parte de ella sobresalga hacia el exterior, luego el cabezal es unido a la cámara de presión o bomba Scholander con la hoja al interior, a la cuál se aplica gas a presión (Nitrógeno). Finalmente cuando comienza a salir savia a través del corte se registra la presión del manómetro, indicando este valor, la tensión o potencial con que el agua esta siendo retenida por la planta (Figura 3.4 y 3.5).



Figura 3.4. a) Hoja envuelta en film plástico, b) Hoja cubierta con papel aluminio.

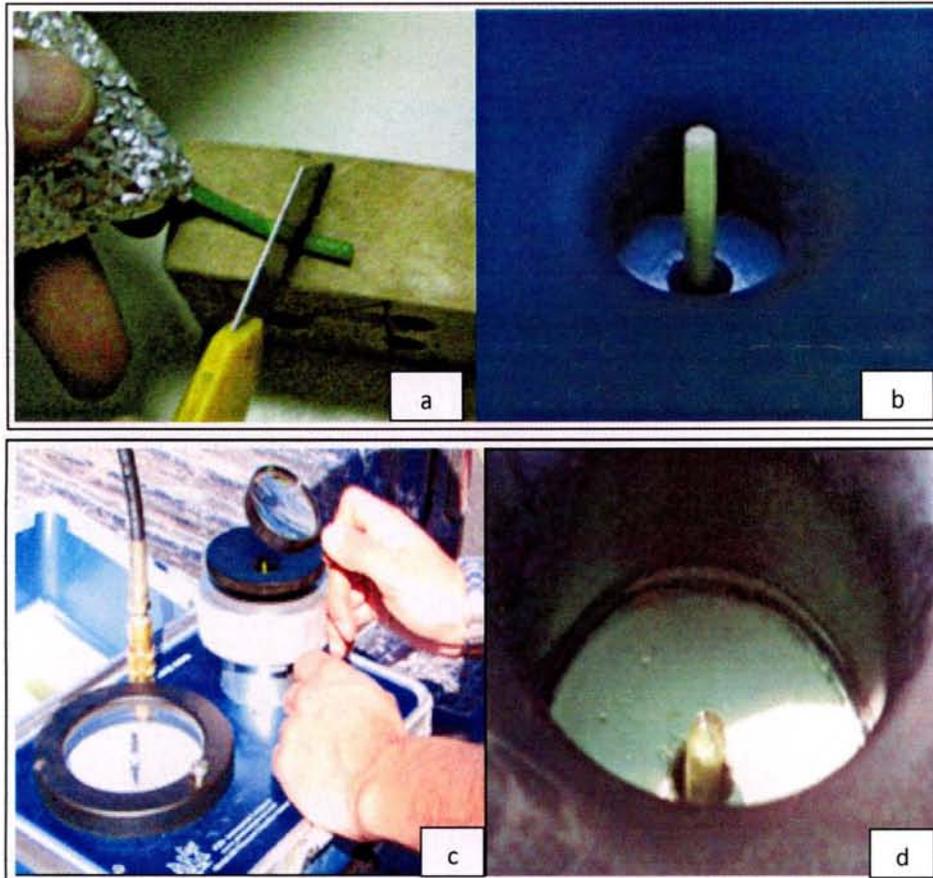


Figura 3.5. a) Corte del pecíolo de la hoja, b) Hoja en el cabezal de la cámara, c) Aplicación de nitrógeno a presión y d) Salida de savia por aplicación de presión.

Adicionalmente, se estudió el rendimiento y el peso de frutos. Para esto, se cosechó el total de frutos por planta correspondientes a cada repetición, los cuales fueron pesados y contados para determinar así, el peso por fruto y el rendimiento por hectárea. Por último para evaluar el efecto de los distintos niveles de reposición hídrica, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y en los casos donde esta resultó significativa se realizó el test estadístico LSD con un nivel de confianza de un 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

3.3. Resultados y discusiones

3.3.1. Coltauco

En la Figura 3.6 (a-b), se presenta la evolución de la precipitación y evapotranspiración de referencia, registradas por la estación el Sauce, durante las temporadas 2007-08 y 2008-09. En esta se puede observar, que las precipitaciones ocurridas durante la primera temporada, se concentraron principalmente luego de cosecha, por lo que no tuvieron efecto sobre los tratamientos de riego. Durante la segunda temporada, se presentaron precipitaciones cercanas al momento de brotación, aunque tampoco generaron una modificación de los tratamientos de riego, ya que sólo llegaron a los 11 milímetros. En cuanto a la evapotranspiración de referencia, se observa que durante las dos temporadas, la máxima ETr se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha con 6,16 y 6,14 mm día⁻¹, mientras que el total acumulado entre brotación y cosecha fue de 659,92 y 638,61 mm, durante la primera y segunda temporada respectivamente, con lo que se observa que ambas temporadas fueron similares, en cuanto a los requerimientos hídricos atmosféricos.

En la Figura 3.7 (a-b), se presenta la evolución de la humedad relativa máxima y mínima, durante las dos temporadas de estudio. En esta se puede observar que durante la primera y la segunda, la mínima se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha con un 15%. Mientras que la máxima se presentó en varios momentos dentro del período de estudio, llegando hasta un 100%.

En la Figura 3.8 (a-b), se presenta la evolución de la temperatura máxima y mínima, registrada en el sector del ensayo. En esta se observa que durante las dos temporadas, la máxima temperatura se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha con 33,5°C y 33,1°C (2007-08 y 2008-09 respectivamente). Mientras que la mínima para ambas temporadas, se registró entre brotación y floración con -1,1°C y 1,2°C para la primera y segunda temporada respectivamente.

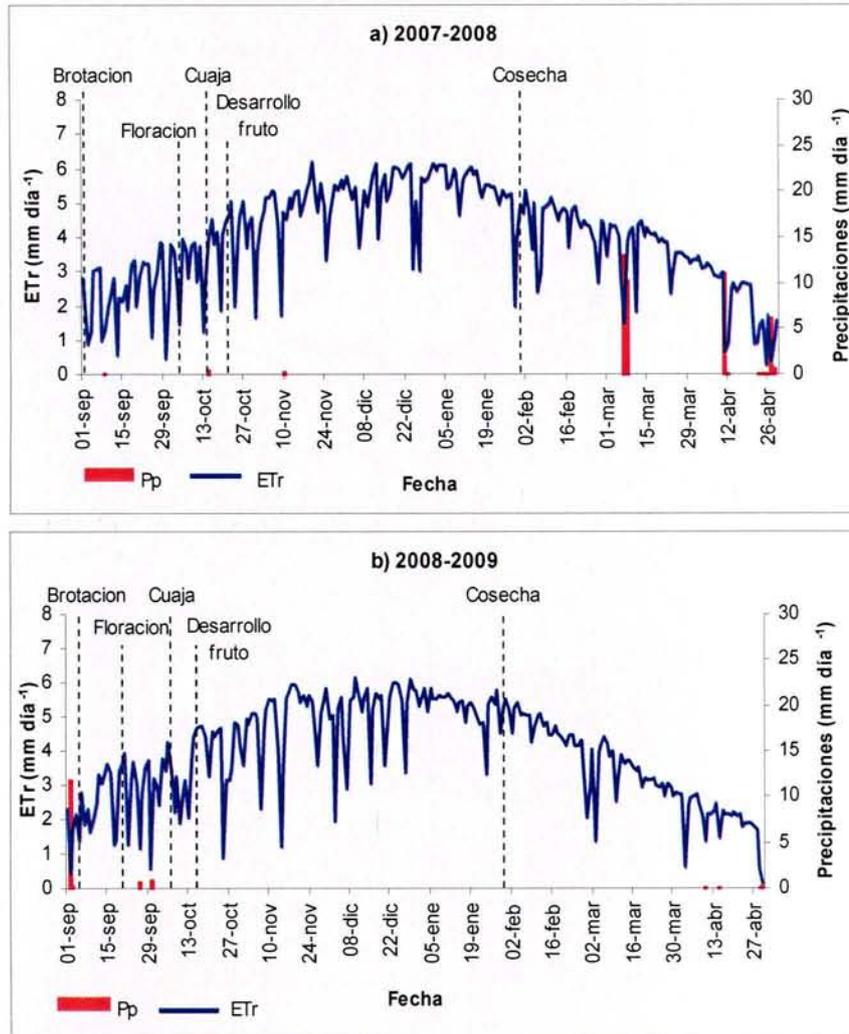


Figura 3.6. Evolución de la precipitación (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ETr) durante la temporada a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

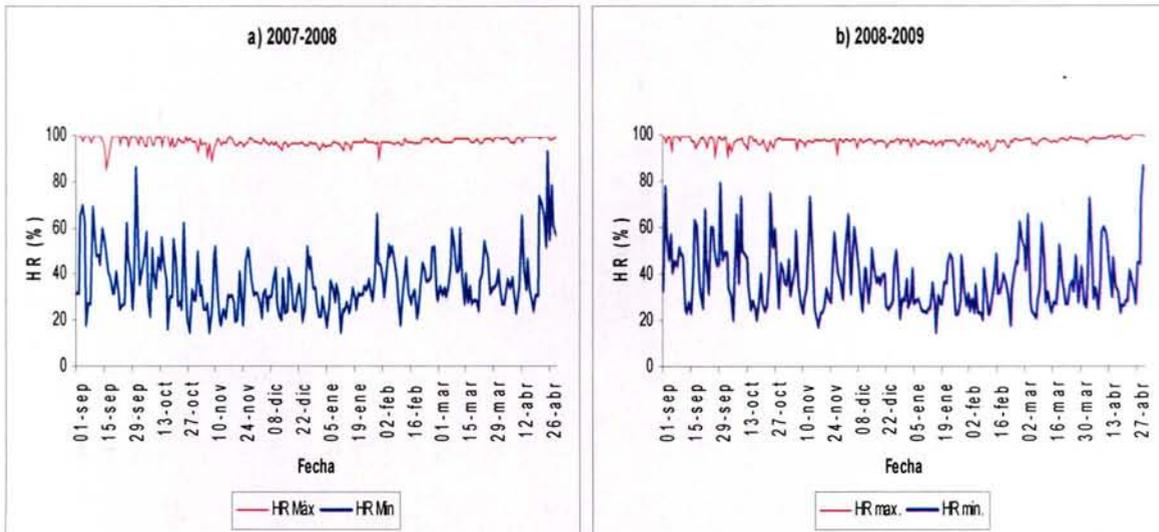


Figura 3.7. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín), temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

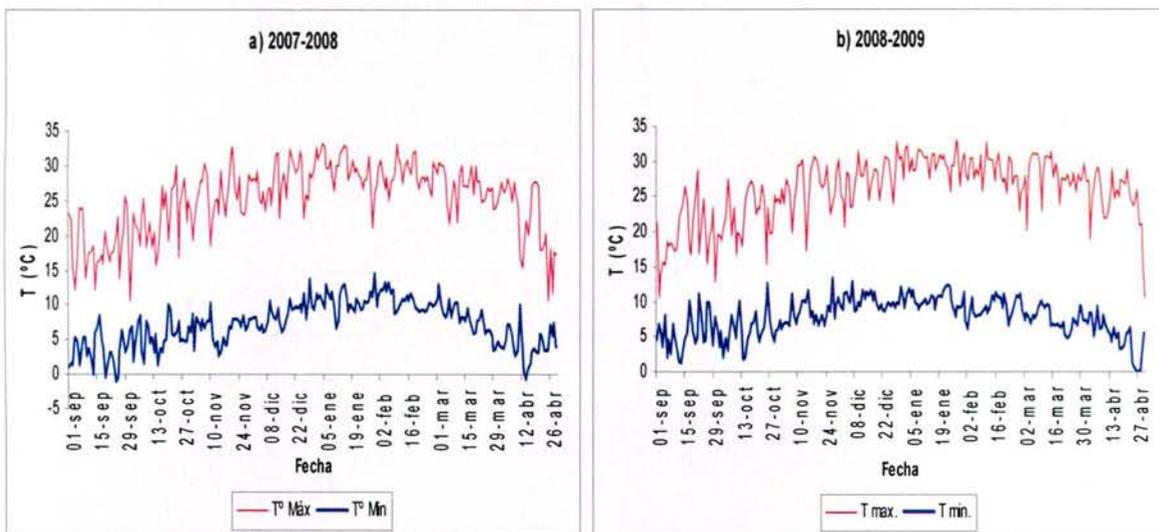


Figura 3.8. Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín), temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

En el Cuadro 3.6, se presentan los estados fenológicos identificados para manzano cv. Royal Gala y los grados día acumulados desde el 1 de Mayo, durante las temporadas 2007-08 y 2008-09. Mientras que en el Cuadro 3.7 y 3.8, se presentan los volúmenes de agua aplicados para cada temporada y etapa de desarrollo (brotación, floración, cuaja, desarrollo de frutos y cosecha). Es importante destacar que en los períodos de brotación, floración y hasta mediados de cuaja (14 de noviembre) de la primera temporada, aún no se hacían

efectivos los tratamientos de riego, por lo que no se observa diferencia en los volúmenes de agua aplicados.

Cuadro 3.6. Estados fenológicos y grados día acumulados en manzano cv. Royal Gala (temporadas 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	2007-08		2008-09	
	Fecha	GDA ₍₁₀₎	Fecha	GDA ₍₁₀₎
Brotación	1 de Septiembre de 2007	27,0	5 de Septiembre de 2008	69,7
Floración	4 de Octubre de 2007	72,3	22 de Septiembre de 2008	120,4
Cuaja	15 de Octubre de 2007	99,2	7 de Octubre de 2008	168,6
Desarrollo de frutos	20 de Octubre de 2007	126,3	15 de Octubre de 2008	193,2
Cosecha	1 de Febrero de 2008	971,9	29 de Enero de 2009	1.082,3

Cuadro 3.7. Volúmenes de agua aplicados por tratamiento (m³ ha⁻¹), en manzano cv. Royal Gala (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	T0 100%	T1 50%	T2 75%	T3 125%	T4 150%
Brotación	144	144	144	144	144
Floración	144	144	144	144	144
Cuaja	1.404	1.008	1.206	1.602	1.800
Desarrollo de fruto	4.176	2.088	3.132	5.220	6.264
Cosecha	2.304	1.152	1.728	2.880	3.456
TOTAL	8.172	4.536	6.354	9.990	11.808

Cuadro 3.8. Volúmenes de agua aplicados por tratamiento (m³ ha⁻¹), en manzano cv. Royal Gala (temporada 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	T0 100%	T1 50%	T2 75%	T3 125%	T4 150%
Brotación	-	-	-	-	-
Floración	-	-	-	-	-
Cuaja	-	-	-	-	-
Desarrollo de fruto	4.752	2.376	3.564	5.940	7.128
Cosecha	4.248	2.124	3.186	5.310	6.372
TOTAL	9.000	4.500	6.750	11.250	13.500

En la figura 3.9 (a-b), se presenta la evolución del contenido de humedad en el suelo. Durante la primera temporada (2007-08), se observa que la humedad se mantuvo siempre entre capacidad de campo y criterio de riego para todos los tratamientos, alcanzando este último sólo los tratamientos T3 y T4 el día 6 de febrero. Durante la segunda temporada (2008-09), se presenta un comportamiento similar a la primera, observándose que el contenido de agua se mantuvo casi todo el período de monitoreo entre capacidad de campo y criterio de riego para todos los tratamientos, con excepción de algunos días donde T1 estuvo levemente bajo el criterio de riego.

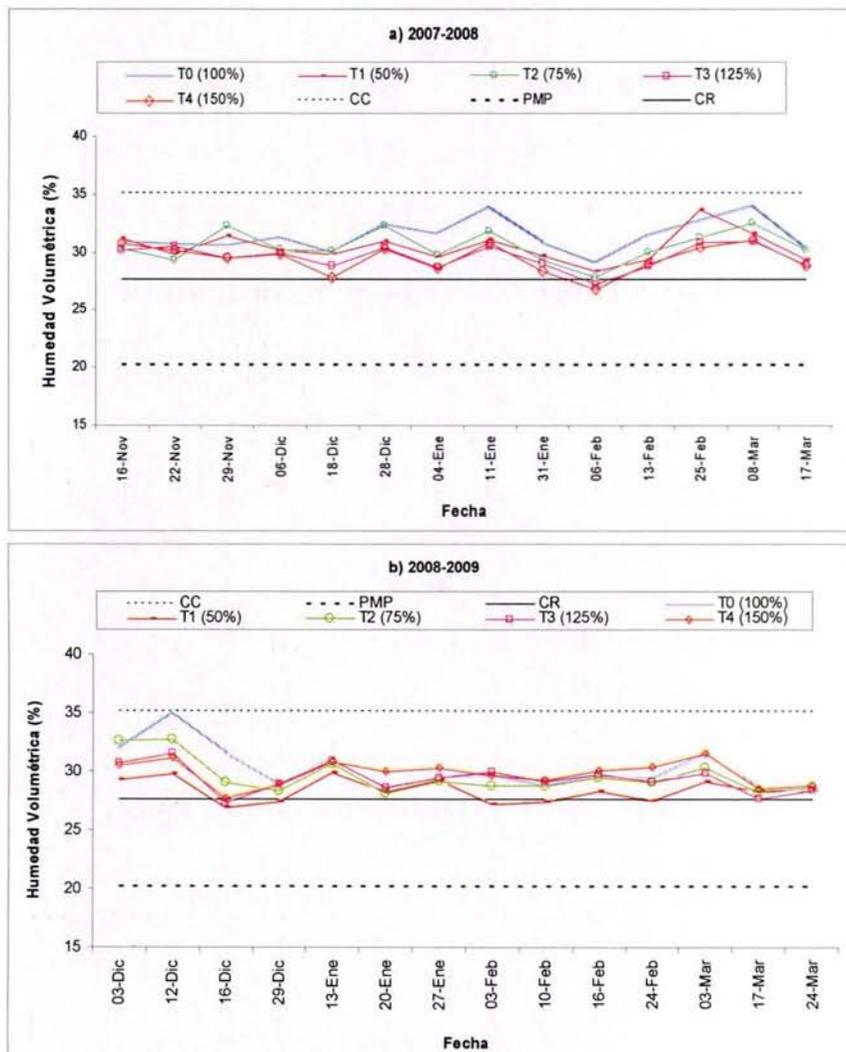


Figura 3.9. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

En los Cuadros 3.9 y 3.10, se presenta el análisis estadístico de la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo, para las dos temporadas. En estos se puede observar, que no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de riego, durante las dos temporadas de estudio, ni tampoco se observa la tendencia que se esperaría con los tratamientos de riego aplicados. Esta aparente similitud entre ellos, se debió a la aparición, a mediados de temporada, de una napa a 60 cm de profundidad en la zona del ensayo, como consecuencia de la infiltración desde un canal de regadío ubicado en una cota superior detrás del ensayo.

Cuadro 3.9. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%), para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	16-nov	22-nov	29-nov	06-dic	18-dic	28-dic	04-ene
T0 (100%)	30,60	30,90	30,73	31,43	30,15	32,60	31,83
T1 (50%)	31,43	29,95	31,50	30,33	29,90	31,08	29,75
T2 (75%)	30,25	29,43	32,30	30,33	30,23	32,38	29,85
T3 (125%)	30,60	30,63	29,60	30,08	28,88	30,48	28,80
T4 (150%)	30,65	30,30	29,65	29,93	27,88	30,38	28,68
Significancia	n.s						
C.V. (%)	18,05	7,97	9,3	7,65	5,73	5,94	5,87
Tratamiento	11-ene	31-ene	06-feb	13-feb	25-feb	08-mar	17-mar
T0 (100%)	34,10	31,00	29,30	31,63	32,88	34,13	30,38
T1 (50%)	31,25	29,83	28,45	29,45	33,85	31,78	29,55
T2 (75%)	31,93	29,35	27,93	30,05	31,33	32,60	30,30
T3 (125%)	30,60	29,18	27,35	28,95	30,93	31,15	29,05
T4 (150%)	30,95	28,43	26,90	29,15	30,58	31,25	28,98
Significancia	n.s						
C.V. (%)	6,12	4,76	5,98	6,16	7,27	6,19	5,73

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 3.10. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%), para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	03-dic	12-dic	16-dic	29-dic	13-ene	20-ene	27-ene
T0 (100%)	31,83	34,95	31,58	28,85	31,10	28,55	29,63
T1 (50%)	29,43	29,93	27,03	27,50	30,00	28,30	29,40
T2 (75%)	32,57	32,75	29,05	28,35	30,58	28,13	29,15
T3 (125%)	30,80	31,63	27,42	29,05	31,00	28,73	29,60
T4 (150%)	30,65	31,28	27,78	28,95	30,95	30,13	30,43
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	11,71	9,90	7,80	5,87	7,26	5,49	6,13
Tratamiento	03-feb	10-feb	16-feb	24-feb	03-mar	17-mar	24-mar
T0 (100%)	29,73b	28,78	29,65	29,40	31,60	28,68	28,83
T1 (50%)	27,28 ^a	27,53	28,45	27,58	29,25	28,40	28,58
T2 (75%)	28,8ab	28,75	29,53	29,10	30,30	28,28	28,65
T3 (125%)	30,13b	29,25	29,90	29,30	30,05	27,78	28,58
T4 (150%)	29,80b	29,38	30,23	30,48	31,65	28,68	28,98
Significancia	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	-	6,04	5,01	6,09	6,33	5,05	5,58

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p < 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En la Figura 3.10 (a-b), se presenta la evolución del potencial hídrico del xilema al mediodía durante las dos temporadas de estudio. En esta se observa que durante la primera temporada, el potencial se mantuvo sobre los -1,5 MPa, potencial considerado en literatura como crítico para esta especie (Naor *et al.*, 1995, Ferreyra y Sellés, 1998), a excepción del día 22 de noviembre donde se registraron potenciales de hasta -1,58 MPa, incluso en las plantas mas regadas (T4), lo cual también confirma que los tratamientos no generaron el efecto esperado. Durante la temporada 2008-09, también se observa que el potencial no estuvo bajo los -1,5 MPa.

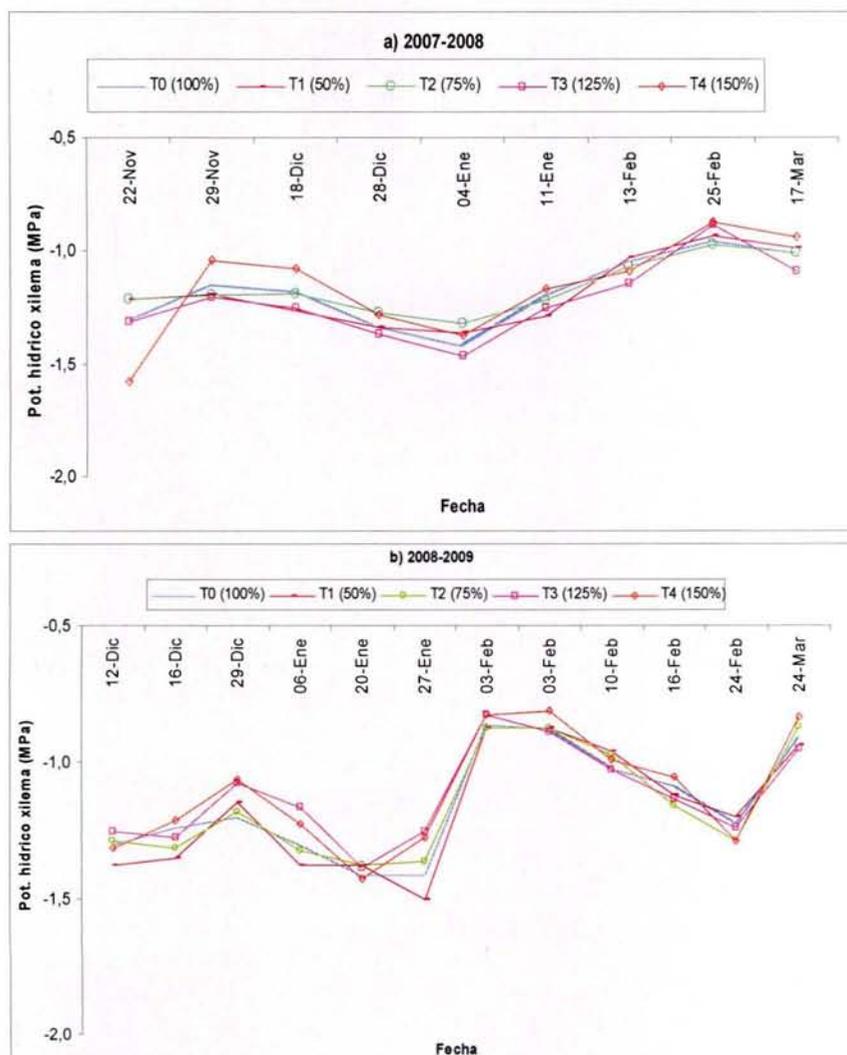


Figura 3.10 a-b. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa), para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Por su parte, el análisis estadístico muestra que durante ambas temporadas, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadros 3.11 y 3.12), a excepción del día 27 de enero de 2009. Esto debido a que las plantas tuvieron aportes adicionales de agua durante toda la temporada, primero por lluvias primaverales y luego por la aparición de una napa a 60 cm.

Cuadro 3.11. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	16-nov	22-nov	29-nov	18-dic	28-dic
T0 (100%)	-1,34	-1,31	-1,15	-1,18	-1,33
T1 (50%)	-1,36	-1,21	-1,19	-1,26	-1,34
T2 (75%)	-1,36	-1,21	-1,20	-1,19	-1,28
T3 (125%)	-1,43	-1,31	-1,20	-1,25	-1,36
T4 (150%)	-1,41	-1,58	-1,04	-1,08	-1,28
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.V. (%)	16,39	23,82	8,6	10,26	10,10
Tratamiento	04-ene	11-ene	13-feb	25-feb	17-mar
T0 (100%)	-1,42	-1,20	-1,05	-0,96	-1,05
T1 (50%)	-1,36	-1,29	-1,03	-0,93	-1,03
T2 (75%)	-1,32	-1,22	-1,07	-0,97	-1,07
T3 (125%)	-1,46	-1,25	-1,14	-0,66	-1,14
T4 (150%)	-1,37	-1,17	-1,09	-0,87	-1,09
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.V. (%)	10,84	10,64	17,18	24,69	10,09

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 3.12. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	12-dic	16-dic	29-dic	06-ene	20-ene	27-ene
T0 (100%)	-1,30	-1,24	-1,20	-1,30	-1,41	-1,41ab
T1 (50%)	-1,38	-1,35	-1,15	-1,38	-1,38	-1,50a
T2 (75%)	-1,29	-1,31	-1,18	-1,33	-1,38	-1,36bc
T3 (125%)	-1,25	-1,28	-1,08	-1,16	-1,39	-1,25d
T4 (150%)	-1,31	-1,21	-1,06	-1,23	-1,43	-1,28cd
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
C.V. (%)	9,82	10,27	25,47	8,68	9,18	-
Tratamiento	03-feb	03-feb	10-feb	16-feb	24-feb	24-mar
T0 (100%)	-0,86	-0,87	-1,02	-1,08	-1,23	-0,91
T1 (50%)	-0,88	-0,88	-0,96	-1,12	-1,20	-0,94
T2 (75%)	-0,88	-0,88	-0,97	-1,16	-1,29	-0,87
T3 (125%)	-0,83	-0,89	-1,03	-1,13	-1,24	-0,95
T4 (150%)	-0,83	-0,81	-0,99	-1,05	-1,29	-0,83
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	8,04	9,68	9,39	8,93	11,34	23,30

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En el cuadro 3.13, se presenta el análisis estadístico del efecto de los distintos tratamientos de riego sobre el rendimiento y peso de frutos, para las dos temporadas de estudio. En estos se aprecia claramente, que al no existir diferencias entre los tratamientos de riego, en cuanto a humedad de suelo y potencial hídrico de xilema, no se generó ningún efecto sobre el rendimiento y peso de frutos. Aunque durante la primera temporada si se obtuvo diferencias significativas en el rendimiento, estas serían atribuibles a otros factores como el ajuste de carga, ya que se intervino el campo desde el período de cuaja y se realizó además una estimación del total de los rendimientos, debido a que el productor realizó una cosecha parcial de la zona del ensayo.

Cuadro 3.13. Análisis estadístico factores de rendimiento ensayo manzano cv. Royal Gala, (temporada 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	2007-08		2008-09	
	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	Peso fruto (gr)	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	Peso fruto (gr)
T0 (100%)	23,8 c	149,5	58,0	141,0
T1 (50%)	34,2 ab	146,6	64,1	135,6
T2 (75%)	24,8 c	139,2	64,0	137,4
T3 (125%)	35,4 ab	139,8	58,4	139,8
T4 (150%)	39,3 a	140,6	54,9	161,0
Significancia	*	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	-	12,49	20,29	19,64

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v: coeficiente de variación.

En el Cuadro 3.14, se presentan los coeficientes de cultivo (Kc) utilizados para cada tratamiento de riego, en este caso no se podría recomendar un coeficiente en particular, ya que no se logró una diferenciación entre ellos, ni tampoco se pudo observar el efecto del riego sobre la producción, aunque si se observa que el tratamiento T0 (100% riego productor), es el que se ajusta mejor a los recomendados en literatura.

Cuadro 3.14. Coeficientes de cultivo utilizados en ensayo manzano cv. Royal Gala. (Temporada 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	2007-08					2008-09				
	Kc T0	Kc T1	Kc T2	Kc T3	Kc T4	Kc T0	Kc T1	Kc T2	Kc T3	Kc T4
Brotación	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18					
Floración	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45					
Cuaja	0,90	0,64	0,77	1,02	1,15					
Desarrollo de fruto	1,08	0,54	0,81	1,35	1,62	0,91	0,45	0,68	1,13	1,36
Cosecha	0,91	0,46	0,69	1,14	1,37	1,32*	0,66*	0,99*	1,64*	1,97*

*Valores asociados al programa de fertirrigación postcosecha.

3.3.2. Pelarco

La evolución de la evapotranspiración de referencia (ETr) y la precipitación, registradas durante las temporadas 2007-08 y 2008-09, por la estación meteorológica Pelarco se presentan en la Figura 3.11 (a-b). En esta se puede observar, que durante las dos temporadas la máxima ETr se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha, alcanzando valores de 6,90 y 6,77 mm día⁻¹ con un total acumulado entre brotación y cosecha de 749,1 y 766,3 mm durante 2007-08 y 2008-09 respectivamente. En cuanto a las precipitaciones, se observa que durante la primera temporada no hubo precipitaciones entre brotación y cosecha. Mientras que durante la segunda temporada, se presentaron precipitaciones desde brotación hasta antes de cosecha, aunque estas no modificaron los tratamientos de riego ya que sólo llegaron a un máximo de 4,2 mm día⁻¹.

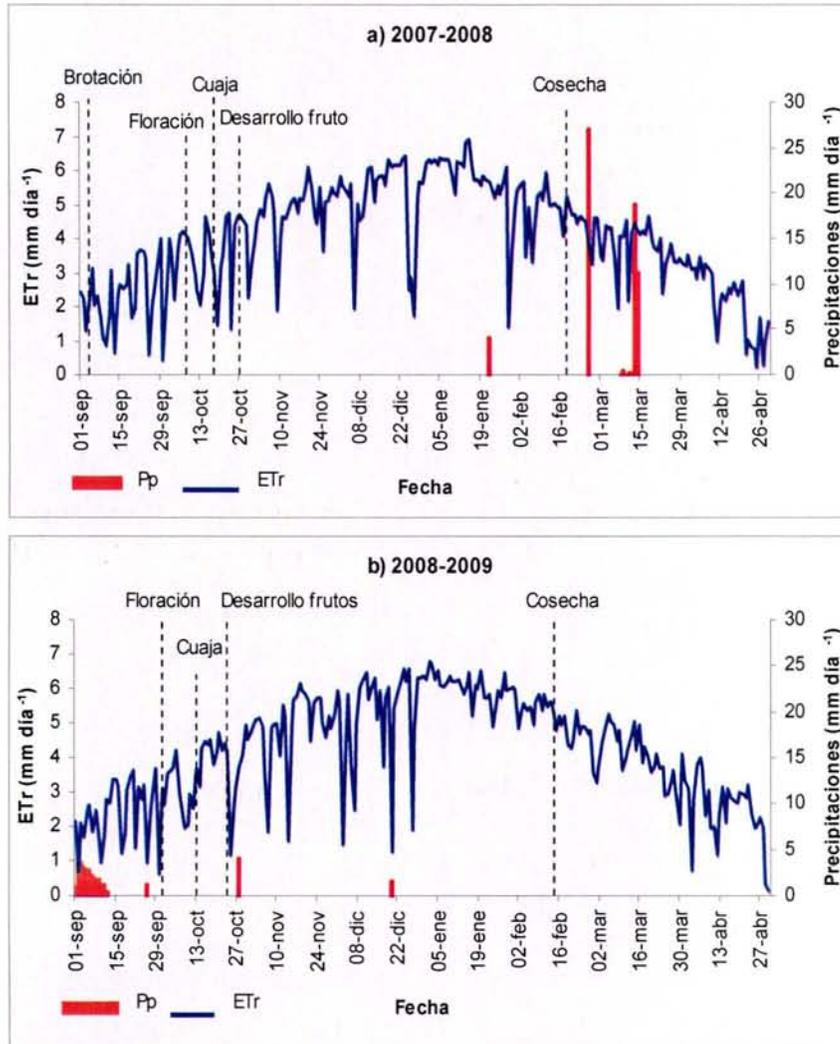


Figura 3.11. Evolución de la precipitación (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ETr) durante la temporada a) 2007-08 y b) 2008-09. Pelarco, Región del Maule.

En la Figura 3.12 (a-b), se presenta la evolución de la humedad relativa, máxima y mínima, para los dos períodos de estudio. En esta se puede observar que durante las dos temporadas, la mínima se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha con valores de 15,9 y 14,3%. En cuanto a las temperaturas, estas se presentan en la Figura 3.13 (a-b), donde se puede ver que la máxima, para ambas temporadas, se registró entre desarrollo de frutos y cosecha con 34°C y 35,2°C para 2007-08 y 2008-09 respectivamente, mientras que la mínima durante la primera temporada se presentó entre brotación y floración con -0,05°C y para la segunda temporada entre floración y cuaja con -0,39°C.

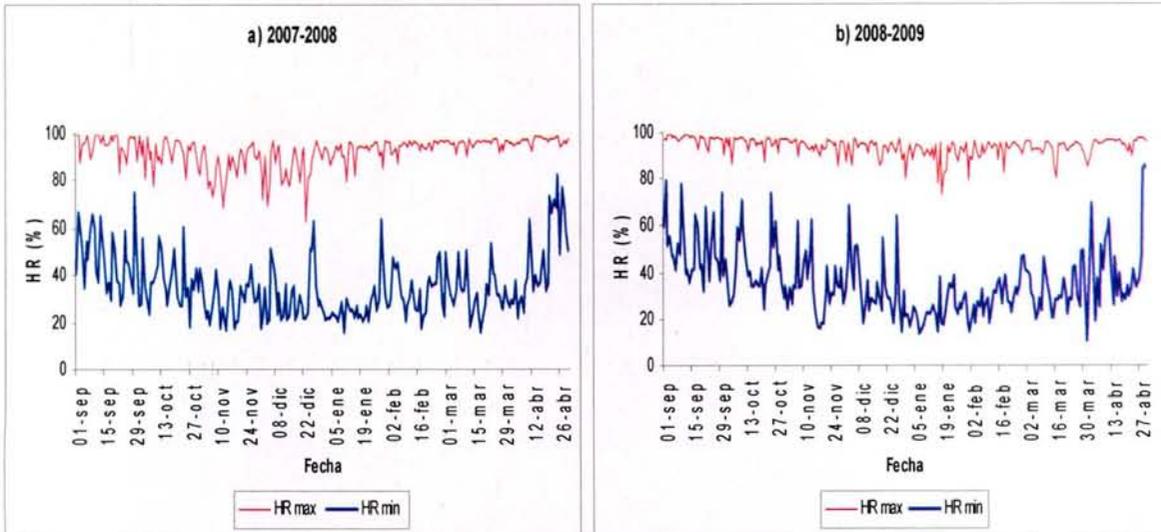


Figura 3.12. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín), temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Pelarco, Región del Maule.

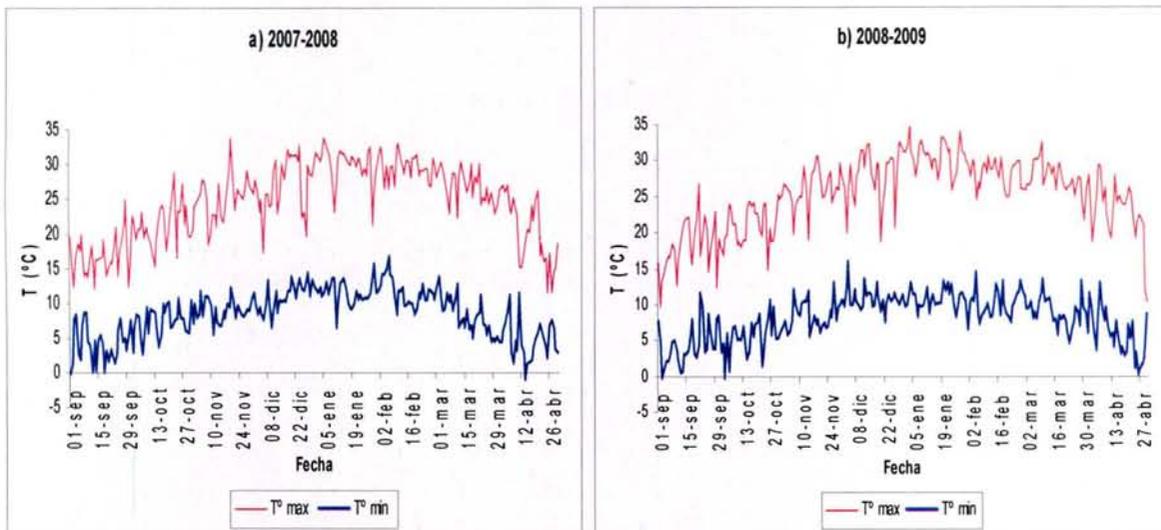


Figura 3.13. Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín) temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Pelarco, Región del Maule.

En el Cuadro 3.15, se muestran los diferentes estados fenológicos y los grados día acumulados desde el 1 de Mayo para cada período, durante las temporadas 2007-08 y 2008-09. Mientras que en el Cuadro 3.16 y 3.17, se presentan los volúmenes de agua aplicados durante cada temporada. Es importante mencionar, que durante la primera temporada en los períodos de brotación, floración, cuaja y hasta mediados de desarrollo de frutos (25 de

diciembre), aún no se hacían efectivos los tratamientos de riego, es por esto que los volúmenes totales no coinciden con el porcentaje señalado.

Cuadro 3.15. Estados fenológicos y grados día acumulados ensayo manzano cv. Royal Gala (Temporadas 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	2007-08		2008-09	
	Fecha	GDA ₍₁₀₎	Fecha	GDA ₍₁₀₎
Brotación	1 de Septiembre de 2007	27,0	5 de Septiembre de 2008	69,7
Floración	4 de Octubre de 2007	72,3	22 de Septiembre de 2008	120,4
Cuaja	15 de Octubre de 2007	99,2	7 de Octubre de 2008	168,6
Desarrollo de frutos	20 de Octubre de 2007	126,3	15 de Octubre de 2008	193,2
Cosecha	1 de Febrero de 2008	971,9	29 de Enero de 2009	1.082,3

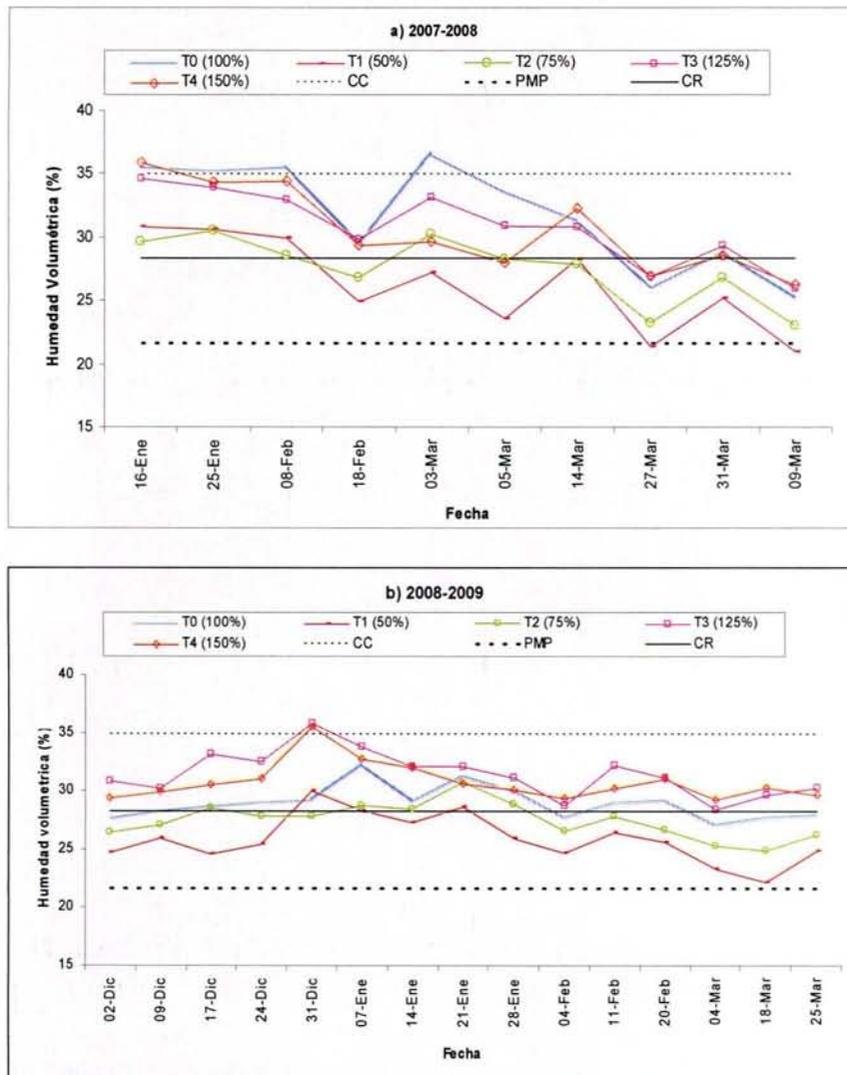
Cuadro 3.16. Volúmenes de agua aplicados ($m^3 ha^{-1}$) ensayo manzano cv. Royal Gala. (Temporada 2007-08 Pelarco, Región del Maule).

Estado Fenológico	T0 (100%)	T1 (50%)	T2 (75%)	T3 (125%)	T4 (150%)
Brotación	-	-	-	-	-
Floración	120	120	120	120	120
Cuaja	2.184	2.184	2.184	2.184	2.184
Desarrollo de fruto	5.185	3.457	4.321	6.049	6.913
Cosecha	2.400	1.200	1.800	3.001	3.601
TOTAL	9.889	6.961	8.426	11.354	12.819

Cuadro 3.17. Volúmenes de agua aplicados ($m^3 ha^{-1}$) ensayo manzano cv. Royal Gala. (Temporada 2008-09. Pelarco, Región del Maule).

Estado Fenológico	T0 (100%)	T1 (50%)	T2 (75%)	T3 (125%)	T4 (150%)
Brotación	-	-	-	-	-
Floración	-	-	-	-	-
Cuaja	-	-	-	-	-
Desarrollo de fruto	5.605	2.803	4.204	7.006	8.408
Cosecha	2.304	1.152	1.728	2.881	3.457
TOTAL	7.909	3.955	5.932	9.887	11.865

En la Figura 3.14 (a-b), se presenta la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo. Durante la primera temporada, se observa que los tratamientos de riego permanecieron entre criterio de riego y capacidad de campo y desde el 18 de febrero, hubo una baja en la humedad de suelo, mostrando en los tratamientos con menos aporte hídrico (T1 y T2), valores por debajo del criterio de riego. La misma tendencia se observa durante la segunda temporada, donde se presenta luego del 14 de enero una baja en los niveles de humedad.



3.14. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Royal Gala, temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Pelarco, Región del Maule.

En cuanto al análisis estadístico, en los Cuadros 3.18 y 3.19, se observa que hubo diferencias entre el control y el resto de los tratamientos, con lo cual se verifica que los diferentes niveles de reposición hídrica si estaban teniendo efecto sobre la humedad de suelo. Durante la primera temporada, se aprecian diferencias significativas en todos los días de medición, a excepción de los días 25 de enero y 31 de marzo, donde se observa que el tratamiento T0 (100% riego productor) presentó una mayor humedad que los tratamientos con mayor aporte hídrico (T3 y T4). Mientras que durante la segunda temporada, también se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, a excepción de los días 31 de diciembre, 7 y 21 de enero, pero mostrando una clara tendencia en cuanto a que los tratamientos con un mayor aporte hídrico presentaron una mayor humedad de suelo, comparado con los tratamientos donde se aplicó una menor carga de agua.

Cuadro 3.18. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Royal Gala (Temporada 2007-08. Pelarco, Región del Maule).

Tratamiento	16-ene	25-ene	08-feb	18-feb	03-mar
T0 (100%)	34,90 bc	35,30	35,65 c	29,63 b	36,55 b
T1 (50%)	30,93 ab	30,73	30,06 ab	25,00 a	27,38 a
T2 (75%)	29,67 a	30,58	28,66 a	26,85 ab	30,25 a
T3 (125%)	34,73 bc	34,03	33,13 abc	30,03 b	33,25 ab
T4 (150%)	36,03 c	34,45	34,53 bc	29,48 b	29,80 a
Significancia	*	n.s	*	*	*
C.V. (%)	-	9,33	-	-	-
Tratamiento	05-mar	14-mar	27-mar	31-mar	09-mar
T0 (100%)	33,65 b	31,48 c	26,05 bc	28,90	25,33 bc
T1 (50%)	23,68 a	28,46 ab	21,43 a	25,28	21,05 a
T2 (75%)	28,30 ab	27,90 a	23,30 ab	26,88	23,08 ab
T3 (125%)	31,08 b	30,95 bc	27,03 c	29,45	26,05 c
T4 (150%)	28,10 ab	32,43 c	27,05 c	28,70	26,38 c
Significancia	*	*	*	n.s	*
C.V. (%)	-	-	-	8,93	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p < 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 3.19. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Royal Gala (temporada 2008-09, Pelarco, Región del Maule).

Tratamiento	02-dic	09-dic	17-dic	24-dic	31-dic	07-ene	14-ene
T0 (100%)	27,75 bc	28,35 ab	28,73 b	29,10 abc	29,30	32,38	27,03 a
T1 (50%)	24,80 a	26,00 a	24,70 a	25,47 a	28,23	26,10	26,00 a
T2 (75%)	26,40 ab	27,10 a	28,60 b	27,83 ab	27,83	28,73	27,00 a
T3 (125%)	31,00 d	30,30 b	33,30 c	32,68 c	35,90	33,93	31,03 b
T4 (150%)	29,90 cd	30,00 b	30,70 bc	31,20 bc	35,60	32,90	32,13 b
Significancia	**	*	**	*	n.s	n.s	*
C.V. (%)	-	-	-	-	13,43	10,44	-
Tratamiento	21-ene	28-ene	04-feb	11-feb	04-mar	18-mar	25-mar
T0 (100%)	30,33	28,50 abc	27,79 bc	28,37 ab	27,18 a	26,97 bc	28,00 bc
T1 (50%)	27,17	25,03 a	24,73 a	26,55 a	29,10 ab	22,23 a	23,83 a
T2 (75%)	29,20	27,50 ab	26,60 ab	26,40 a	27,45 a	24,90 ab	26,20 ab
T3 (125%)	31,36	31,30 c	28,88 bc	31,20 b	29,83 b	28,70 cd	29,63 c
T4 (150%)	31,50	30,90 bc	29,50 c	31,03 b	29,40 ab	30,40 d	30,36 c
Significancia	n.s	*	*	*	**	**	**
C.V. (%)	7,95	-	-	-	-	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En la Figura 3.15 (a-b), se presenta el comportamiento del potencial hídrico de xilema al medio día para cada tratamiento. Durante la primera temporada, se observa claramente como los diferentes tratamientos de riego tuvieron efecto sobre el potencial, mostrando para los más regados (T3 y T4) un mayor valor, mientras que para los otros se obtuvo potenciales menores, llegando en el caso de T1 y T2 en algunos momentos, a valores por debajo de los -1,5 MPa, considerado como de estrés (Naor *et al.*, 1995, Ferreyra y Sellés, 1998). Durante la temporada 2008-09, se presenta el mismo efecto que durante la primera, observándose los tratamientos más restrictivos con los valores de potencial más negativos, llegando en varios momentos a -1,5 MPa.

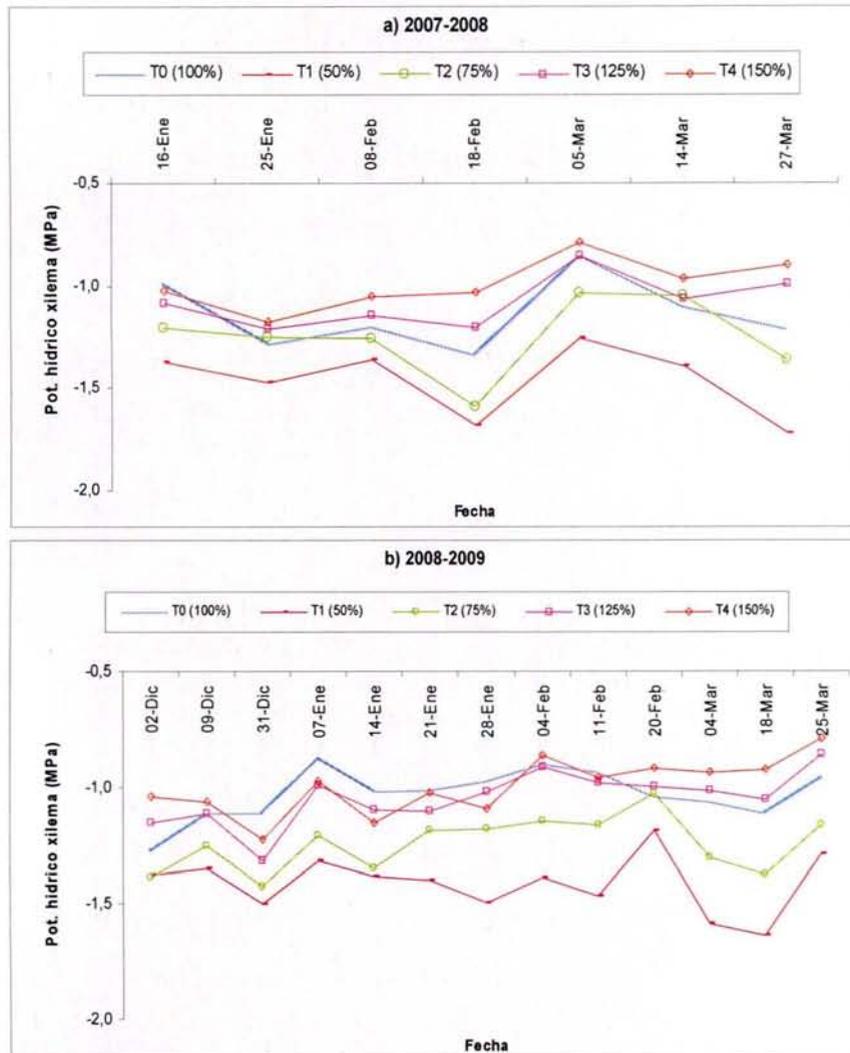


Figura 3.15. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Royal Gala, temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Pelarco, Región del Maule.

En el Cuadro 3.20 y 3.21, se presenta el análisis estadístico del potencial hídrico de xilema a mediodía. Durante la primera temporada, se refleja claramente el efecto de las humedades de suelo y se observa que los tratamientos con mayor restricción hídrica (T1 y T2), presentan un potencial de xilema más negativo con respecto a los otros tres tratamientos de riego (T0, T3 y T4), obteniéndose diferencias significativas en la mayoría de los días analizados. Lo mismo se observa para la temporada 2008-09, donde se obtuvo diferencias significativas para todos los días de medición, además de una clara correspondencia con las humedades de suelo medidas.

Cuadro 3.20. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Royal Gala (temporada 2007-08. Pelarco, Región del Maule).

Tratamiento	16-ene	25-ene	08-feb
T0 (100%)	-0,99 a	-1,28	-1,19
T1 (50%)	-1,37 c	-1,47	-1,36
T2 (75%)	-1,21 bc	-1,25	-1,26
T3 (125%)	-1,08 ab	-1,21	-1,14
T4 (150%)	-1,02 a	-1,17	-1,05
Significancia	*	n.s	n.s
C.V. (%)	-	13,66	14,67
18-feb	05-mar	14-mar	27-mar
-1,34 bc	-0,85 ab	-1,10 a	-1,21 bc
-1,68 c	-1,25 c	-1,39 b	-1,71 d
-1,59 c	-1,03 b	-1,05 a	-1,36 c
-1,20 b	-0,85 ab	-1,06 a	-0,99 ab
-1,03 a	-0,78 a	-0,96 a	-0,90 a
**	**	**	**
-	-	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 3.21. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Royal Gala (temporada 2008-09. Pelarco, Región del Maule).

Tratamiento	02-Dic	09-Dic	31-Dic	07-Ene	14-Ene	21-Ene
T0 (100%)	-1,28 bc	-1,11 b	-1,15 a	-0,87 a	-1,06 a	-1,01 a
T1 (50%)	-1,38 c	-1,35 c	-1,57 c	-1,31 b	-1,38 b	-1,40 c
T2 (75%)	-1,39 c	-1,25 c	-1,43 bc	-1,21 b	-1,35 b	-1,19 b
T3 (125%)	-1,15 ab	-1,11 b	-1,25 ab	-0,92 a	-1,07 a	-1,07 a
T4 (150%)	-1,04 a	-0,90 a	-1,13 a	-0,89 a	-1,07 a	-1,05 a
Significancia	**	**	**	**	**	**
Tratamiento	28-Ene	04-Feb	11-Feb	04-Mar	18-Mar	25-Mar
T0 (100%)	-0,97 a	-0,93 a	-0,93 a	-1,06 ab	-1,11 b	-0,95 b
T1 (50%)	-1,50 c	-1,39 c	-1,47 c	-1,59 c	-1,64 d	-1,29 d
T2 (75%)	-1,18 b	-1,15 b	-1,24 b	-1,30 b	-1,38 c	-1,16 c
T3 (125%)	-0,99 a	-0,91 a	-0,98 a	-1,01 a	-1,05 ab	-0,86 ab
T4 (150%)	-1,00 ab	-0,86 a	-0,90 a	-0,93 a	-0,92 a	-0,79 a
Significancia	**	**	**	**	**	**

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En el Cuadro 3.22, se presenta el análisis estadístico del rendimiento y peso de frutos. En este se observa, para ambas temporadas de estudio, que los tratamientos con una mayor reposición hídrica (T0, T3 y T4) presentaron un mayor rendimiento y un mayor peso de fruto, lo que concuerda con diversos autores (Lieb *et al.*, 2006, Kilili *et al.*, 1996, y Mpelasoka *et al.*, 2001), que señalan que un inadecuado aporte hídrico (déficit) en árboles de manzano, limitaría el crecimiento reproductivo, actuando directamente sobre el tamaño y calidad de la fruta. Por ejemplo, en manzanos sometidos a déficit hídrico durante toda la temporada, es posible observar fruta con mayor concentración de sólido solubles y firmeza de pulpa, junto con una reducción notoria en el tamaño de la fruta y la producción total (Olmedo, 2005).

Cuadro 3.22. Análisis estadístico de factores de rendimiento en manzano cv. Royal Gala (temporada 2007-08 y 2008-09. Pelarco, Región del Maule).

Tratamiento	2007-08		2008-09	
	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	Peso Fruto (gr)	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)	Peso Fruto (gr)
T0 (100%)	46,7	173,5	23,1 b	183,1 a
T1 (50%)	44,1	163,5	22,9 b	159,9 b
T2 (75%)	42,7	161,0	22,6 b	182,3 a
T3 (125%)	46,1	170,3	35,1 a	183,7 a
T4 (150%)	48,4	173,4	35,7 a	187,4 a
Significancia	n.s.	n.s.	*	**
C.V. (%)	27,3	14,9	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En el Cuadro 3.23, se presentan los coeficientes de cultivo usados (*Kc) para manzano cv. Royal Gala, con diferentes niveles de reposición hídrica, durante la temporada 2007-08 y 2008-09, en la zona de Pelarco, Región del Maule. Los Kc obtenidos con el tratamiento T0, en la primera temporada son muy similares a los recomendados en literatura, lo mismo ocurre en T3 para la segunda. En la primera temporada, el Kc de cosecha aumenta, debido básicamente a aportes hídricos asociados al calendario de fertirrigación.

Cuadro 3.23. Coeficientes de cultivo usados ensayo manzano cv. Royal Gala (temporada 2007-08 y 2008-09. Pelarco, Región del Maule).

Estado Fenológico	2007-08					2008-09				
	Kc T0	Kc T1	Kc T2	Kc T3	Kc T4	Kc T0	Kc T1	Kc T2	Kc T3	Kc T4
Brotación										
Floración	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10					
Cuaja	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25					
Desarrollo de fruto	1,15	0,77	0,96	1,34	1,54	0,93	0,46	0,70	1,16	1,39
Cosecha	1,36*	0,68*	1,02*	1,70*	2,05*	0,91	0,46	0,68	1,14	1,37

* Valores asociados al programa de fertirrigación postcosecha.

3.3.3 Retiro

En la Figura 3.16, se presenta la evolución de la evapotranspiración de referencia (ET_r) y la precipitación, registradas por la estación meteorológica Parral. En esta se observa que la máxima ET_r se observó entre desarrollo de frutos y cosecha con 5,27 mm día⁻¹ y un total acumulado entre brotación y cosecha de 771,8 mm. Mientras que las precipitaciones se registraron durante todo el período observándose la máxima entre desarrollo de frutos y cosecha con 11,8 mm.

En relación a la humedad relativa, esta se presenta en la Figura 3.17, donde se observa que la mínima se registró entre desarrollo de frutos y cosecha con 15,3%. Mientras que la evolución de las temperaturas se presenta en la Figura 3.17, donde se observa que la máxima se registró entre desarrollo de frutos y cosecha con 34,7°C y la mínima cercana a cosecha con -1,47°C.

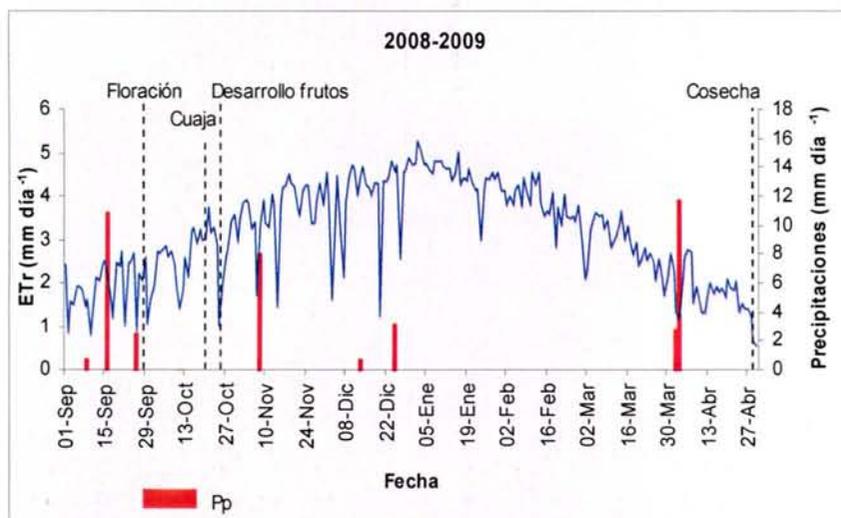


Figura 3.16. Evolución de la precipitación (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ETr) temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule.

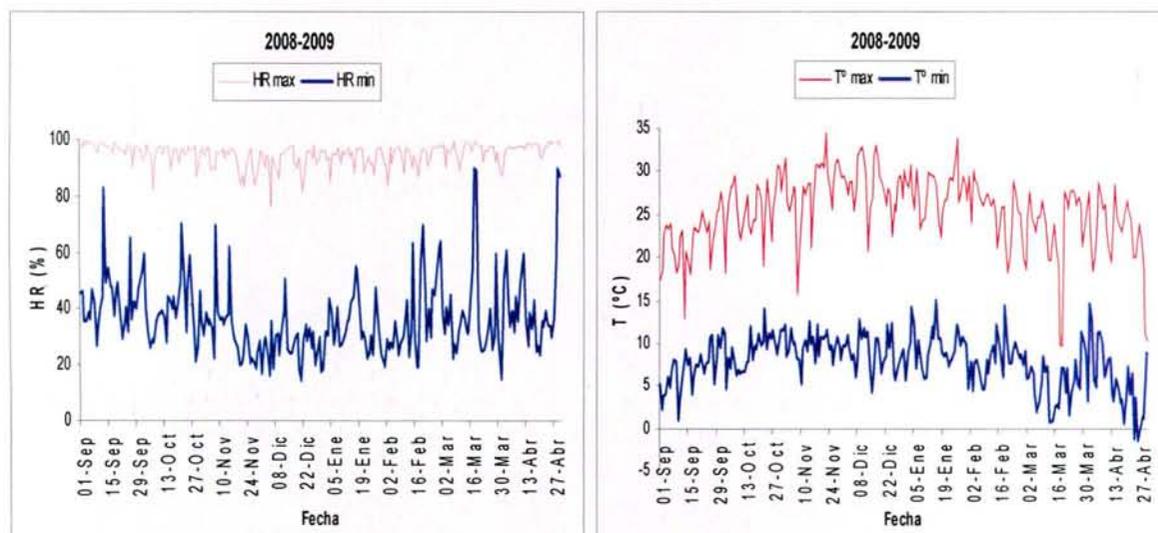


Figura 3.17. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín), y temperatura (T° máx) y mínima (T° mín) ensayo manzano cv. Royal Gala temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule.

En el Cuadro 3.24, se presentan los estados fenológicos y los grados día acumulados desde el 1 de mayo para cada período. Mientras que en el Cuadro 3.25, se presentan los volúmenes de agua aplicados, los que en este caso se concentraron en el estado de desarrollo de frutos, período que se presentó entre el 25 de octubre y el 29 de abril de 2009.

Cuadro 3.24. Estados fenológicos y grados día acumulados (°C) en manzano cv. Pink Lady (temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule).

Estado Fenológico	Fecha	GDA ₍₁₀₎
Brotación	26 de Agosto de 2008	81,3
Floración	29 de Septiembre de 2008	205,4
Cuaja	17 de Octubre de 2008	325,6
Desarrollo de frutos	25 de Octubre de 2008	387,8
Cosecha	29 de Abril de 2009	1.519,00

Cuadro 3.25. Volúmenes de agua aplicados (m³ ha⁻¹) en manzano cv. Pink Lady (temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule).

Estado Fenológico	T0 (100%)	T1 (50%)	T2 (75%)	T3 (125%)	T4 (150%)
Brotación	-	-	-	-	-
Floración	-	-	-	-	-
Cuaja	-	-	-	-	-
Desarrollo de fruto	8.033	4.016	6.024	10.041	12.049
Cosecha	-	-	-	-	-
TOTAL	8.033	4.016	6.024	10.041	12.049

En la Figura 3.18, se presenta la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo. Durante la temporada de estudio (2008-09), se observa que todos los tratamientos estuvieron entre capacidad de campo (CC) y criterio de riego (CR), hasta el día 26 de enero, a partir del cual se observa una disminución en la humedad de todos los tratamientos, aunque mas marcadamente de los tratamientos con menor aporte hídrico (T1 y T2), llegando en el caso del tratamiento T1 (50% riego productor) a valores cercanos a punto de marchitez permanente.

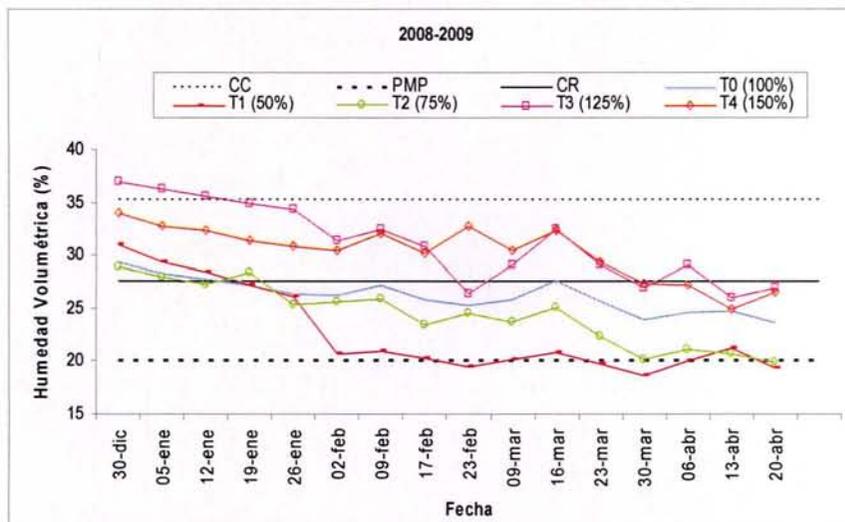


Figura 3.18. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Pink Lady (temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule).

El análisis estadístico de la humedad de suelo, arrojó que durante toda la temporada de medición existió diferencias significativas entre los tratamientos, presentándose siempre una mayor humedad en T3 y T4, con lo cual se verifica que estos si estaban teniendo efecto sobre la humedad de suelo (Cuadro 3.26).

Cuadro 3.26. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Pink Lady (temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule).

Tratamiento	30-dic	05-ene	12-ene	19-ene	26-ene	02-feb	09-feb	17-feb
T0 (100%)	29,33a	28,20a	27,70a	26,97a	26,40a	26,18bc	27,13b	25,83b
T1 (50%)	31,07ab	29,50a	28,57a	27,27a	26,17a	20,75a	21,08a	20,30a
T2 (75%)	29,00a	27,93a	27,27a	27,10a	25,43a	25,60b	25,98b	23,48ab
T3 (125%)	37,17c	36,47c	35,77c	35,07c	34,57c	31,55d	32,65c	31,00c
T4 (150%)	34,10bc	32,83b	32,42b	31,05b	31,00b	30,53cd	32,28c	30,28c
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamiento	23-feb	09-mar	16-mar	23-mar	30-mar	06-abr	13-abr	20-abr
T0 (100%)	25,25b	25,85bc	27,63b	25,68bc	23,83b	24,60b	24,73bc	23,65b
T1 (50%)	19,45a	20,13a	20,85a	19,80a	18,70a	20,00a	21,25ab	19,37a
T2 (75%)	24,50b	23,78ab	25,05ab	22,33ab	20,23a	21,20a	20,07a	19,85a
T3 (125%)	26,43b	29,15cd	32,58c	29,25c	27,00c	29,27bc	26,03c	26,97c
T4 (150%)	32,93c	30,53d	32,53c	29,50c	27,38c	27,30c	24,93c	26,57c
Significancia	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En la Figura 3.19, se presenta la evolución del potencial hídrico de xilema al mediodía, medido durante la temporada 2008-09. En esta se observa como los tratamientos con menor aporte hídrico (T1 y T2) siempre presentaron un potencial mas bajo que el resto, pero sin llegar a potenciales menores de -1,5 MPa, valor considerado en literatura como nivel de estrés (Naor *et al.*, 1995 y Ferreyra *et al.*, 1998).

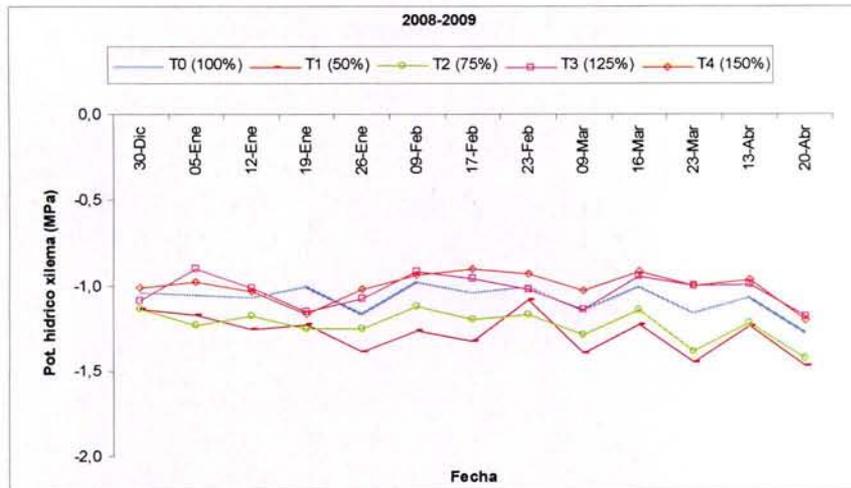


Figura 3.19. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md}) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Pink Lady (temporada y 2008-09. Retiro, Región del Maule).

En cuanto al análisis estadístico, este muestra que durante toda la temporada de estudio hubo diferencias significativas entre los tratamientos de riego, a excepción del 19 de enero. Observándose en los tratamientos más regados (T3 y T4) los potenciales menos negativos y en los menos regados (T1 y T2) los potenciales más bajos (Cuadro 3.27).

Cuadro 3.27. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md}) para diferentes niveles de reposición hídrica en manzano cv. Pink Lady (temporada 2008-09. Retiro, Región del Maule).

Tratamiento	30-dic	05-ene	12-ene	19-ene	26-ene	09-feb	
T0 (100%)	-1,03bc	-1,05b	-1,07bc	-1	-1,17c	-0,97c	
T1 (50%)	-1,28a	-1,17a	-1,25a	-1,23	-1,38a	-1,26a	
T2 (75%)	-1,17ab	-1,23a	-1,18ab	-1,25	-1,25b	-1,12b	
T3 (125%)	-0,93c	-0,90c	-1,01c	-1,15	-1,08d	-0,91c	
T4 (150%)	-0,98c	-0,98bc	-1,03c	-1,16	-1,02e	-0,93c	
Significancia	*	**	**	n.s.	**	**	
C.V. (%)	-	-	-	9,85	-	-	
	17-feb	23-feb	09-mar	16-mar	23-mar	13-abr	20-abr
	-1,04c	-1,00bc	-1,14c	-1,01b	-1,15b	-1,07b	-1,28bc
	-1,32a	-1,08ab	-1,39a	-1,23a	-1,45a	-1,23a	-1,47a
	-1,20b	-1,17a	-1,29b	-1,14a	-1,39a	-1,22a	-1,43ab
	-0,96cd	-1,02bc	-1,13c	-0,94b	-1,00c	-0,99b	-1,18c
	-0,90d	-0,93c	-1,02d	-0,91b	-1,00c	-0,96b	-1,20c
	**	**	**	**	**	**	**
	-	-	-	-	-	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En el Cuadro 3.28, se presenta el análisis estadístico del rendimiento y el peso de frutos. En este se observa, aunque no existieron diferencias significativas, una tendencia que indica que los tratamientos más regados fueron los que obtuvieron los mayores rendimientos y el mayor peso de frutos. Lo que concuerda con los datos obtenidos en Royal Gala en Pelarco y con diversos autores (Leib *et al.*, 2006, Kilili *et al.*, 1996 y Mpelasoka *et al.*, 2001) que sostienen que un mayor aporte hídrico aumentaría los rendimientos y la calidad de la fruta.

Cuadro 3.28. Análisis estadístico factores de rendimiento en manzano cv. Pink Lady (temporada 2007-08 y 2008-09. Retiro, Región del Maule).

Tratamiento	Rdto. (Ton ha ⁻¹)	Peso fruto (gr)
T0 (100%)	49,1	174,7
T1 (50%)	45,4	168,1
T2 (75%)	47,3	162,6
T3 (125%)	50,8	167,8
T4 (150%)	50,3	176,5
Significancia	n.s	n.s
C.V. %	19,5	11,5

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En el Cuadro 3.29, se presentan los coeficientes de cultivo (Kc) utilizados en los tratamientos, para manzano cv. Pink Lady en la zona de Retiro. En este sólo se observa un Kc, el correspondiente al período de desarrollo de frutos, periodo que al ser tan largo (25 de octubre al 29 de abril) concentró todos los riegos aplicados durante la temporada.

Cuadro 3.29. Coeficientes de cultivo usados en manzano cv. Pink Lady (temporada 2007-08 y 2008-09. Retiro, Región del Maule).

Estado Fenológico	Kc T0	Kc T1	Kc T2	Kc T3	Kc T4
Brotación					
Floración					
Cuaja					
Desarrollo de fruto	0,97	0,48	0,73	1,21	1,45
Cosecha					

3.4 Conclusiones

En el caso del ensayo realizado en Coltauco, no se obtuvo diferencias en la humedad de suelo o en el potencial de xilema, ni tampoco se presentó la tendencia esperada. Esto se debió a la aparición de una napa a los 60 cm de profundidad a mediados de temporada, la cual generó en los dos años de estudio un aporte extra de agua, provocando una homogenización en el perfil de suelo.

En cuanto a los ensayos realizados en Pelarco y Retiro, estos sí evidenciaron una diferenciación en las cargas de agua aplicadas, ya que presentaron diferencias significativas (en las dos temporadas) en los potenciales hídricos de xilema medidos a medio día, resultando los tratamientos menos regados (T1 y T2) con los potenciales más bajos. Además estas diferentes cargas de agua aplicadas, tuvieron una tendencia clara sobre el rendimiento y peso de frutos, observándose los valores más altos en los tratamientos con mayor aporte hídrico (T3 y T4).

Por lo tanto, basándose en la combinación entre rendimiento, peso de fruto y ahorro de agua, los mejores resultados en estas dos variedades se obtienen usando coeficientes de cultivo en desarrollo de fruto de 1,0 y en cosecha de 0,7, evitando bajar de -1,2Mpa en el potencial hídrico xilemático al medio día.

3.5 Bibliografía

Centro de Pomáceas, 2009. Estadísticas. Consultado el 10 de noviembre de 2009 en http://pomaceas.otalca.cl/estadistica/std_nac3.htm

Cerda, A., Lobos, G., Kufferath, E., y Sánchez, F. 2004. Elasticidades de demanda por manzanas chilenas en el mercado de la unión europea: una estimación econométrica. *Agric. Téc.*, 64 (4).

Dirección Meteorológica de Chile. Fenómeno de la Niña. Consultado el 10 de noviembre de 2009 en http://www.meteochile.cl/nino_nina/nino_nina_descripcion_nina.html.

Ferreya, R., Sellés, G. y Burgos, L. 1998. Frutales. Riego deficitario controlado. Serie La Platina N° 70, 66p.

Herrera, J. 1999. Ocurrencias de sequías asociadas al fenómeno de “la niña” en la cuenca del Maule (1960-1997). Memoria de grado Universidad de Talca, Escuela de Agronomía, 80p.

Kilili, A., Behboudian, M. and Mills, T. 1996. Composition and quality of ‘Braeburn’ apples under reduced irrigation. *Scientia Horticulturae* 67: 1-11.

Lieb, B., Caspari, H., Redulla, C., Andrews, P. and Jabro, J. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of ‘Fuji’ apples in a semi-arid climate. *Irrigation Sci.* 24: 85-99.

Mpelasoka, B., Behboudian, M. and Green, S. 2001. Water use, yield and fruit quality of lysimeter-grown apple trees: responses to deficit irrigation and to crop load. *Irrigation Sci.* 20: 107-113.

Naor, A., Klein, I. and Doron, I. 1995. Stem Water Potential and Apple Size. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (4): 577-582.

Olmedo, F. 2005. Programación del riego de un huerto de manzanos usando coeficientes de cultivo (Kc) simple y dual. Memoria de título, Universidad de Talca, Talca, 30p.

Ortega-Farias, S., Acevedo, C., Salazar, R. y Zham, E. 2003. Uso de técnicas de agricultura de precisión en la programación del riego para optimizar el rendimiento y calidad de mostos y vinos. “IX Latin American Congreso on Viticultura and Enology: Internacional Symposium on Precision Viticultura”. CAPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile. 15p.

Ro, H. 2001. Water use of young “Fuji” apple trees at three soil moisture regimes in drainage lysimeters. *Agricultural Water Management*, 50: 185-196.

Zegbe, J., Behboudian, A. and Clothier, B. 2007. Reduced irrigation maintains photosynthesis, growth, yield, and fruit quality in 'Pacific Rose (TM)' apple. *Journal of Sustainable Agriculture* 30: 125-136.

4. Uva de Mesa

4.1. Introducción

La uva de mesa es la principal fruta de exportación del país, con un 33,28 % de participación ocupando una superficie que llega a más de 51.000 há. Cerca del 40% del éxito de la producción está determinado por el manejo del riego. La optimización del recurso hídrico, además, se hace cada día mas indispensable, por la escasez, la competencia con la industria y el consumo humano (Sellés *et al.*, 2003). La programación del riego se presenta como una metodología que permite determinar el nivel óptimo de agua a aplicar en cada período fenológico de la vid. Sin embargo, esta técnica requiere de la calibración local de algunos parámetros incorporados en su determinación tales como el coeficientes de cultivo (Kc) y el criterio de riego (Ortega-Farias *et al.*, 2003).

Debido a que el manejo del riego es uno de los factores que tiene mayor influencia en la cantidad y calidad de la fruta producida, es que hoy en día un alto porcentaje de los parronales en Chile, cerca de 25.000 há., se riega de forma localizada, principalmente mediante riego por goteo, debido a su alta eficiencia cercana al 90% (Sellés *et al.*, 2003).

El riego de uva de mesa requiere de una estrategia totalmente distinta de la empleada en uva para vino, esto porque el producto final que se desea obtener es completamente distinto, en cuanto a tamaño, contenido de azúcar y acidez (Wample, 2007). Aunque en general, para todos los cultivos, los requerimientos hídricos totales dependerán no sólo de las características climáticas y del suelo del lugar, sino que también del estado de desarrollo del cultivo. Debido a esto se hace necesario contar con un factor que relacione la demanda evaporativa de la atmósfera con la evapotranspiración con la de la vid en sus distintos

períodos fenológicos. Tal factor se denomina coeficiente de cultivo (K_c), el cuál en el caso de la variedad Thompson Seedless según estudios realizados en Chile, varía durante la temporada en valores que van de 0,15 a 0,95 (Ferreyra *et al.*, 2001).

Como se indicó anteriormente, la estimación local de factores críticos en el sistema suelo-planta-atmósfera, son indispensables para una correcta programación del riego. En el caso del suelo, la determinación de sus características ayudará a indicar la disponibilidad de agua para la planta ya que el suelo opera como un estanque de almacenaje de agua para los cultivos y dicha capacidad de almacenaje está sujeta, principalmente, a la textura. Es por ello que la correcta caracterización del suelo constituye una herramienta fundamental en la programación del riego, existiendo una amplia variedad de instrumentos para determinar su humedad como son las sondas de neutrones, la reflectometría de tiempo (TDR) o la reflectometría de frecuencia (FDR), lo que permite chequear las recomendaciones de riego y corregir la metodología de programación (Ortega-Farias y Carrasco, 2005). Por otro lado, los factores atmósfera y planta son indispensables para estimar el uso diario de agua (ETa), ya que los principales componentes de este cálculo son: la evapotranspiración de referencia (ETr) y una estimación del coeficiente de cultivo (K_c) (Wample, 2007).

Para la estimación de la evapotranspiración actual (ETa), hoy en día en el mundo son ampliamente utilizadas las redes de estaciones meteorológicas automáticas (EMAs), las cuales nos permiten llevar un registro detallado y continuo de información climática (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar) durante las 24 horas del día, lo que permite calcular la ETa en tiempo real y por zona de influencia climática (Maldonado y Aravena, 2006).

Por otra parte, la determinación del potencial hídrico del xilema a medio día, se presenta como una herramienta para monitorear el efecto del riego sobre el estado hídrico de las plantas y conocer a través de este indicador si las plantas presentan o no estrés, procedimiento que se realiza a través de una cámara de presión o bomba Scholander (Valenzuela, 2000). Investigaciones realizadas por Sellés *et al.* (2003), indican que la uva de mesa cv. Thompson Seedless, no estaría realmente estresada hasta alcanzar los -1,0 MPa.

En general, el aumento del agua disponible en el suelo, aumentaría la biomasa del cultivo y su producción. Es por esto que en el caso de las parras, es importante definir el efecto del

riego, tanto en la producción como en la composición de la fruta (Intrigliolo y Castel, 2008). Ya que se ha visto, que tanto el déficit como el exceso de agua, causan un crecimiento desequilibrado de la planta y una pobre producción, dependiendo del período donde este ocurra (Keller, 2005). En el caso de producirse un estrés hídrico en el período comprendido entre brotación y floración, la primera sería desuniforme y se detendría o reduciría el crecimiento de brotes. También es posible que al producirse un estrés en floración, el desarrollo de flores y la viabilidad del polen y los pistilos se reduzcan, generando una disminución de la cuaja y posibles cambios hormonales que contribuirían al aborto floral y abscisión de racimos (Sellés *et al.*, 2003). En cuanto a su efecto sobre las bayas, este también dependerá de la época en que se produzca y de la severidad del estrés. La fase I del crecimiento de las bayas, la cuál corresponde al período entre floración y pinta, es la más sensible a déficit hídrico, generando una disminución en la división y posteriormente en la elongación de las células, por lo cuál un estrés en este período afecta el tamaño final del fruto, siendo irrecuperable, ya que la fruta aquí alcanza cerca del 80% de su tamaño final (Ezzahouani y Williams, 2007). Mientras que en la etapa que va desde pinta hasta cosecha, es posible disminuir el riego sin afectar el tamaño final de los frutos y obtener bayas con diámetros comerciales, entre 16 y 20 mm (Sellés *et al.*, 2003). Incluso, se ha observado que en este período de madurez, a medida que aumenta el riego, disminuye la concentración de azúcares y aumenta la acidez de la fruta, por lo que una disminución del riego en esta fase generaría un adelantamiento en la madurez y una acumulación de sólido solubles necesarios para cosecha, los cuales deben superar los 16,5°Brix sin afectar negativamente la productividad y la calidad del fruto (Salón *et al.*, 2005).

Objetivos:

- Determinar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica sobre el rendimiento y calidad de uva de mesa cv. Thompson Seedless.
- Realizar una calibración local del coeficiente de cultivo (Kc) para uva de mesa cv. Thompson Seedless.

4.2. Metodología y pauta de trabajo

Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica, sobre la producción de un huerto comercial de uva de mesa (cv. Thompson Seedless), ubicado en el sector de “El Sauce”, comuna de Coltauco, Región de O’Higgins (lat. -34,2079°, long. -71,0127°, 314 m.s.n.m), se realizó un ensayo en una parcela experimental de 512 m², durante las temporadas agrícolas 2007-08 y 2008-09. Para lo cual se utilizó plantas de 6 y 7 años de edad, con un marco de plantación de 4,0 x 2,0 m, conducidas en parrón y regadas por goteo, con una línea con cuatro goteros por planta (4,0 l h⁻¹).

El suelo del lugar presenta una textura franco-arcillosa, con una profundidad efectiva de raíces moderada (60 cm). La humedad a capacidad de campo es de 35,2 (%vol.) y el punto de marchitez permanente de 20,0 (%vol.) (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Propiedades fisico-hídricas del suelo, ensayo uva de mesa cv. Thompson Seedless. Coltauco, Región de O’Higgins.

Cultivo	Variedad	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	CC (% vol)	PMP (% vol)
Uva de Mesa	Thompson Seedless	25	43	32	Franco arcilloso	35,2	20,0

Los requerimientos hídricos de las plantas, se estimaron a partir de la evapotranspiración actual (ETa), calculada a través de la siguiente expresión:

$$ETa = ETr \times Kc \quad (1)$$

donde: ETa es la evapotranspiración actual (mm día⁻¹), ETr evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹) y Kc coeficiente de cultivo (adimensional).

La evapotranspiración de referencia, se determinó a través del método de Penman-Monteith, el cuál describe la evapotranspiración diaria de una referencia de pasto hipotética (Ecuación 2), usando datos provenientes de una estación meteorológica automática (EMA,

El Sauce), la cuál mide temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, radiación solar y velocidad del viento (Figura 4.1). Luego, esta evapotranspiración de referencia se multiplicó por un coeficiente de cultivo (K_c) extraído de literatura (Cuadro 4.2), para así obtener la evapotranspiración actual, la cuál es importante determinar, ya que a partir de ella fue posible calcular el tiempo de riego a aplicar (Ecuación 3).

$$ETr = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

donde: ETr = evapotranspiración sobre un cultivo de referencia (mm día^{-1}), Rn = radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), G = flujo del calor del suelo ($\text{MJm}^{-2} \text{ día}^{-1}$), T = temperatura promedio del aire a 2 metros de altura ($^{\circ}\text{C}$), U_2 = velocidad promedio diaria del viento a dos metros de altura (m s^{-1}), e_s = presión de vapor en saturación (kPa), e_a = presión de vapor actual (kPa), Δ = pendiente de la curva de presión de vapor versus la temperatura ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) y γ = constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

El tiempo de riego para un sistema de riego por goteo, se calculó a través de la siguiente expresión:

$$TR = \frac{ETa \times AU}{Ne \times Ea \times q} \quad (3)$$

donde: ETa = evapotranspiración actual (mm día^{-1}), AU = marco de plantación (m^2), Ne = número de emisores por planta, Ea = eficiencia de aplicación (%) y q = caudal del emisor (l h^{-1}).



Figura 4.1. Estación meteorológica automática (EMA), ubicada en el sector de “El Sauce”. Coltauco, Región de O’Higgins.

Cuadro 4.2. Coeficientes de cultivo para uva de mesa cv. Thompson Seedless. Temporada 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

Etapa Fenológica	Coefficiente de Cultivo (Kc)
Brotación	0,2
Floración	0,6
Cuaja	0,8
Pinta	0,95
Cosecha	0,8

Fuente: Sellés, 2001.

Dentro de un cuartel comercial del viñedo, se estableció un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron tres niveles de reposición hídrica: 63, 100 y 138% del riego aplicado por el productor (Cuadro 4.3). Así, el diseño generó un total de tres tratamientos con cuatro repeticiones para el tratamiento T1, mientras que para T2 y T3 ocho repeticiones. A su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta por tres plantas. En cuanto al riego, este se hizo semanalmente desde noviembre de acuerdo a un programa que fue entregado al productor, siendo considerado este riego como el tratamiento testigo (T0).

Cuadro 4.3. Tratamientos de riego en uva de mesa cv. Thompson Seedless (Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	Reposición Hídrica (%)
T0	100% Riego Productor
T1	63% Riego Productor
T2	138% Riego Productor

La identificación de los diferentes estados fenológicos, en uva de mesa cv. Thompson Seedless, utilizados para realizar un ajuste de los coeficientes de cultivo (K_c) extraídos de literatura, se presentan en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Principales estados fenológicos en uva de mesa cv. Thompson Seedless (Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	Imagen	Estado Fenológico	Imagen
Brotación		Desarrollo de fruto	
Floración		Cosecha	
Cuaja		Postcosecha	

Para determinar el estado hídrico del suelo y monitorear el efecto de los distintos tratamientos de riego, se hicieron mediciones semanalmente a través de la técnica de la

reflectometría en el tiempo (TDR, Trase System, Inc., California, USA), usando varillas de acero inoxidable de 60 cm de largo, ubicadas a 20 cm del gotero más próximo a la planta central (Figura 4.2).

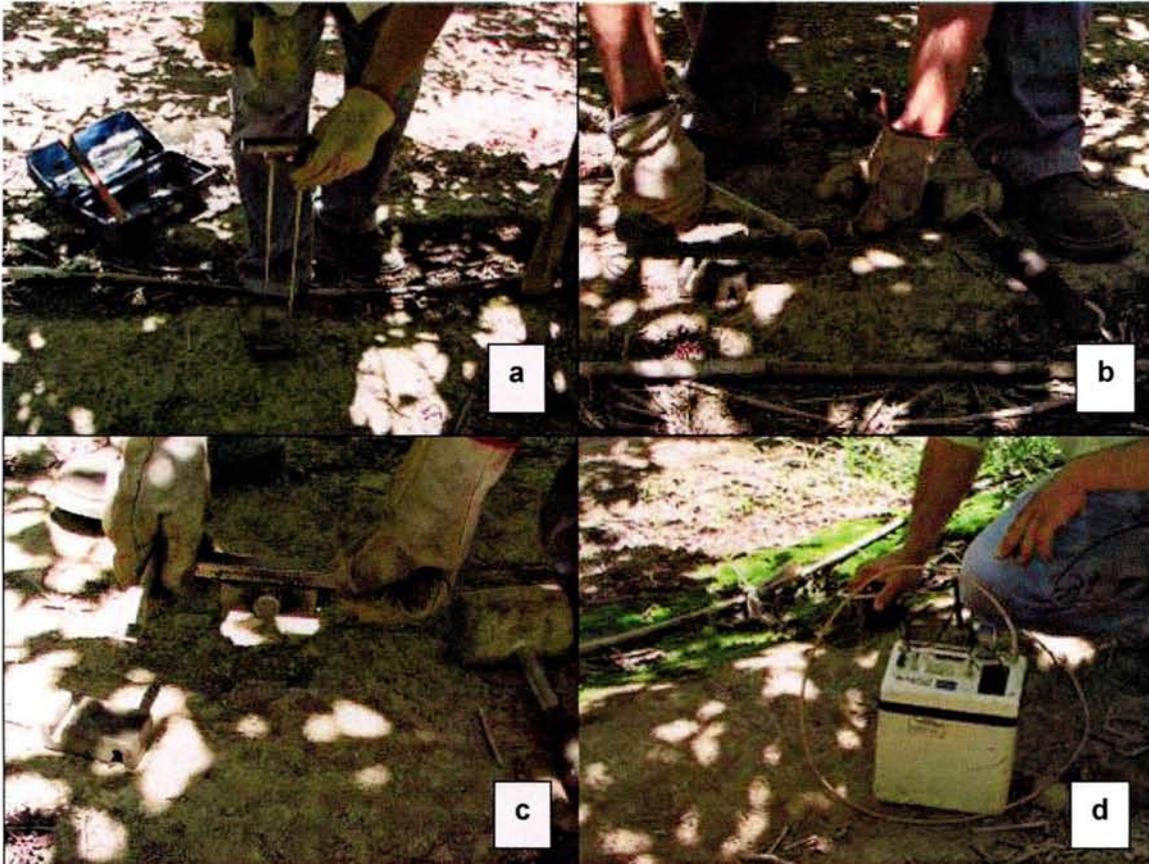


Figura 4.2. (a-b y c) Instalación de varillas de acero inoxidable, kit de instalación y combo de goma, (d) medición de humedad de suelo con TDR, ensayo uva de mesa cv. Thompson Seedless. Coltauco, Región de O'Higgins.

Para determinar el estado hídrico de la planta, se midió el potencial hídrico del xilema al mediodía, mediante una cámara de presión (Bomba Scholander, PMS Instruments Co., Oregon, EE.UU.). Para lo cuál se seleccionó una hoja madura y totalmente expandida, la que se envolvió en film plástico y papel aluminio una hora antes de realizar la medición, una vez cumplido este tiempo se realizó un corte del pecíolo con bisturí o un cuchillo cartonero, tratando que este sea lo mas limpio posible (evitando dañar la zona de corte). Después, la hoja se fijó al cabezal dejando que una parte del pecíolo sobresaliera hacia el exterior, luego el cabezal se conectó a la cámara de presión o bomba Scholander con la hoja

al interior, a la cuál se aplicó gas a presión (Nitrógeno). Finalmente cuando comenzó a salir savia a través del corte se registró la presión del manómetro, indicando este valor, la tensión o potencial con que el agua estaba siendo retenida por la planta (Figura 4.3).

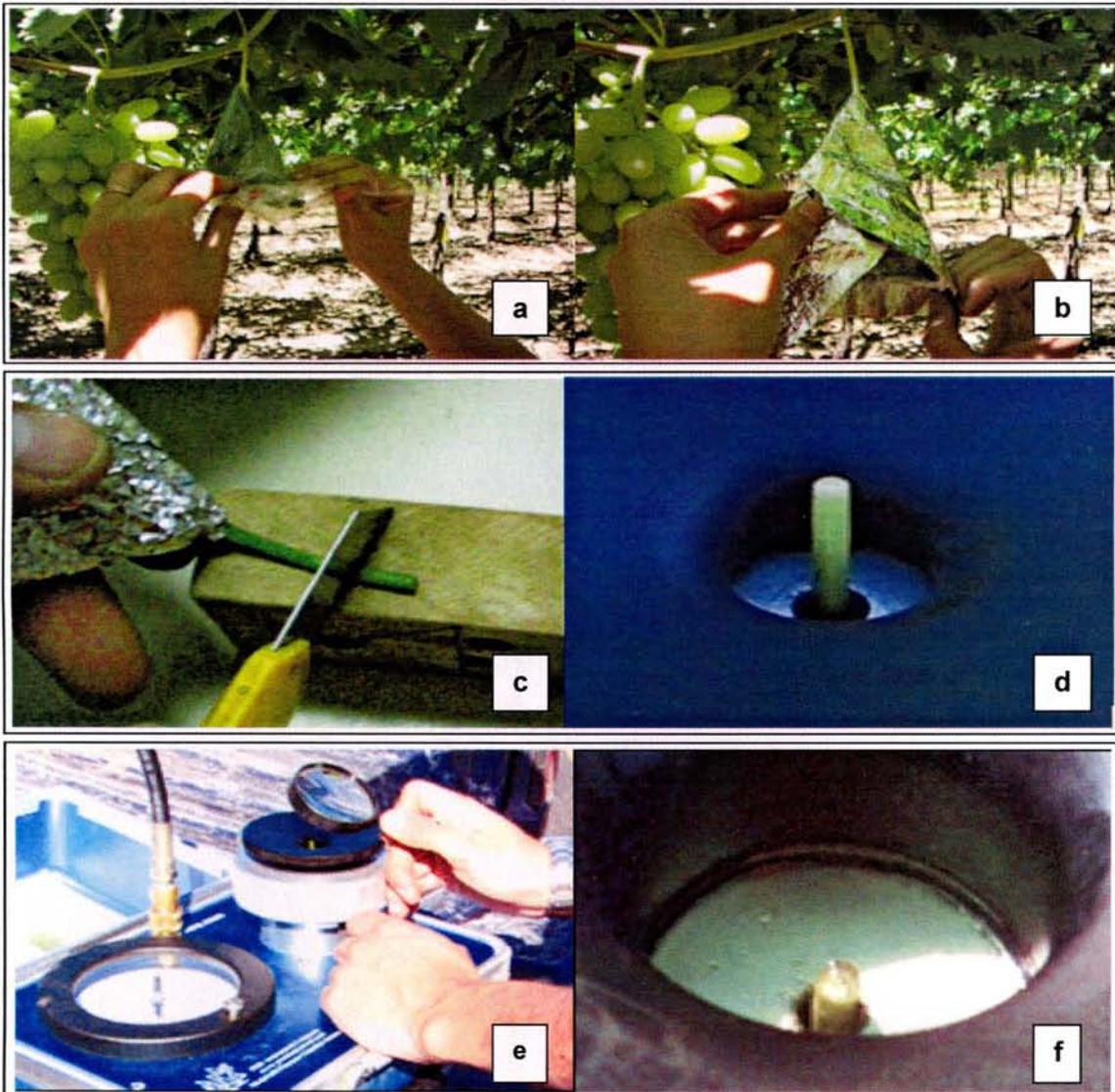


Figura 4.3. (a) Hoja envuelta en film plástico, (b) Hoja cubierta con papel aluminio, (c) Corte del peciolo de la hoja, (d) Hoja en el cabezal de la cámara, (e) Aplicación de nitrógeno a presión y (f) Salida de savia por aplicación de presión.

Además del potencial de xilema y humedad de suelo, se estudió los componentes del rendimiento, cosechando todos los racimos de las plantas que correspondían a cada

repetición, para luego contar y pesar el total de racimos, y así determinar el peso de racimos y toneladas por hectárea. Por otro lado, para la determinación de los factores de calidad, se eligió al azar dos racimos por repetición, los que se llevaron al laboratorio donde se midió el diámetro de dos bayas en la parte alta, media y baja de cada racimo, luego se contó el total de bayas por racimo, para finalmente seleccionar 200 bayas por repetición y analizar pH (potenciómetro), acidez total (neutralización con NaOH 0,1 N, expresado en g L⁻¹ de ácido sulfúrico) y sólidos solubles (°Brix, refractometría), en el Centro Tecnológico de la Vid y el Vino de la Universidad de Talca (CTVV).

También se estudió el porcentaje de cubrimiento o porcentaje de sombra, para esto se utilizó un plástico previamente marcado con cuadros de 10 x 10 cm, el cuál se situó entre las dos primeras plantas de cada repetición, para luego tomar una fotografía a la sombra proyectada sobre el plástico bajo el parrón, con una cámara digital (Canon powershot S3 IS). Es importante destacar que las fotos debían ser tomadas al medio día para obtener fotos que reflejaran bien el porcentaje de cobertura. Luego estas fotos fueron analizadas, contando cada uno de los cuadros con sombra, relacionándolos con el área total de la superficie marcada, determinando así el porcentaje de superficie sombreada.

Por último, para evaluar el efecto de los distintos niveles de reposición hídrica, sobre los distintos parámetros medidos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y en los casos donde esta resultó significativa, se realizó el test estadístico LSD con un nivel de confianza de un 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

4.3 Resultados y discusiones

En la Figura 4.4 (a-b), se presenta la evolución de la precipitación y la evapotranspiración de referencia (ET_r), durante las temporadas 2007-08 y 2008-09 respectivamente. Durante la primera temporada de estudio, se observa que entre brotación y cuaja se presentaron tres precipitaciones, con un total acumulado de 1,2 mm, mientras que el resto de las precipitaciones fueron luego de cosecha, por lo que no afectaron los tratamientos de riego. Estas últimas, tienen un efecto positivo en la segunda fase de crecimiento de las raíces y en

la reposición de reservas alimenticias (carbohidratos y aminoácidos), por lo que tendrán una incidencia importante en la brotación de la próxima temporada (Sellés *et al.*, 2003). En cuanto a la ETr se observa que la máxima evapotranspiración se presentó entre cuaja y pinta con $6,16 \text{ mm día}^{-1}$, y un total acumulado de $322,7 \text{ mm}$ para este período. Durante la temporada 2008-09, se observa que entre brotación y floración, hubo dos precipitaciones con un total acumulado en este período de $1,8 \text{ mm}$, precipitaciones que no tuvieron efecto sobre la humedad de suelo. Mientras que la ETr máxima se presentó entre cuaja y pinta, con $5,96 \text{ mm día}^{-1}$ y un total acumulado durante este período de $261,4 \text{ mm}$. Es importante mencionar, que la evapotranspiración de referencia entre brotación y cosecha fue de $763,4 \text{ mm}$ y $706,3 \text{ mm}$, para las temporadas 2007-08 y 2008-09 respectivamente.

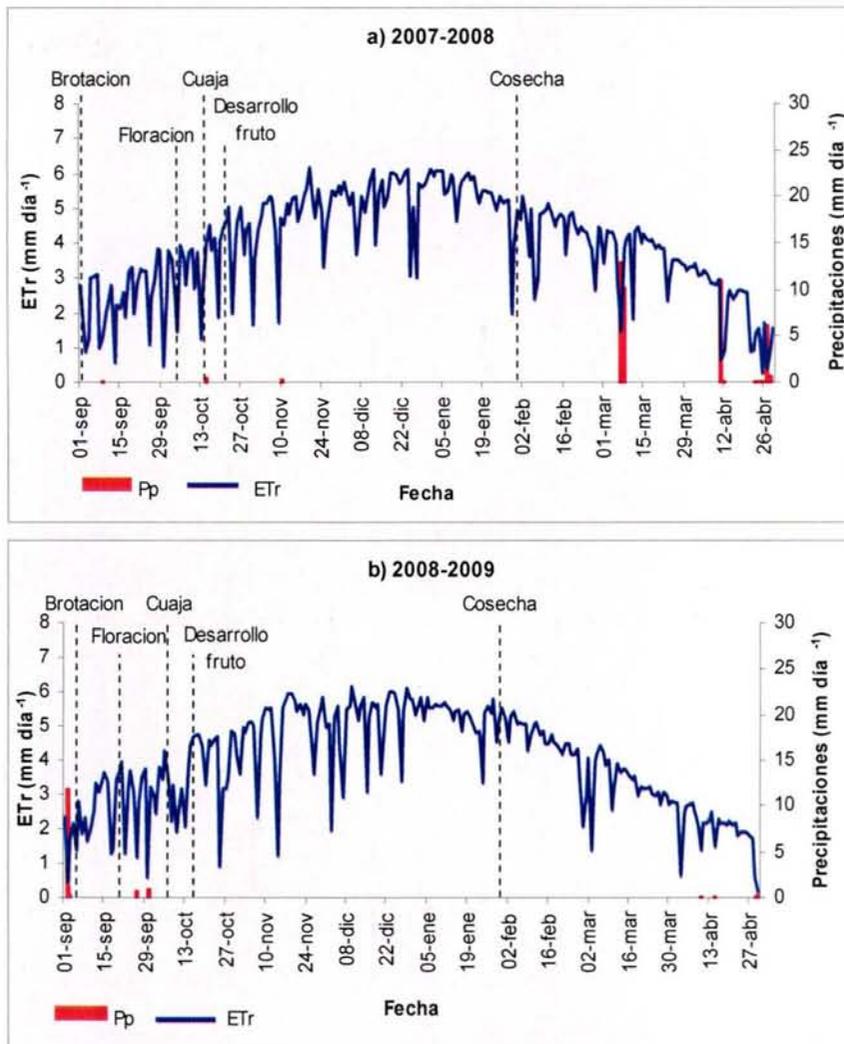


Figura 4.4 a-b. Evolución de la precipitación (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ETr) durante la temporada 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

En la Figura 4.5(a-b), se presenta la evolución de la humedad relativa, durante las dos temporadas de estudio (2007-08 y 2008-09). Durante la primera temporada, la mínima humedad relativa se presentó entre floración y pinta con un 15%, mientras que en la segunda temporada, también se presentaron mínimas de 15%, aunque entre pinta y cosecha.

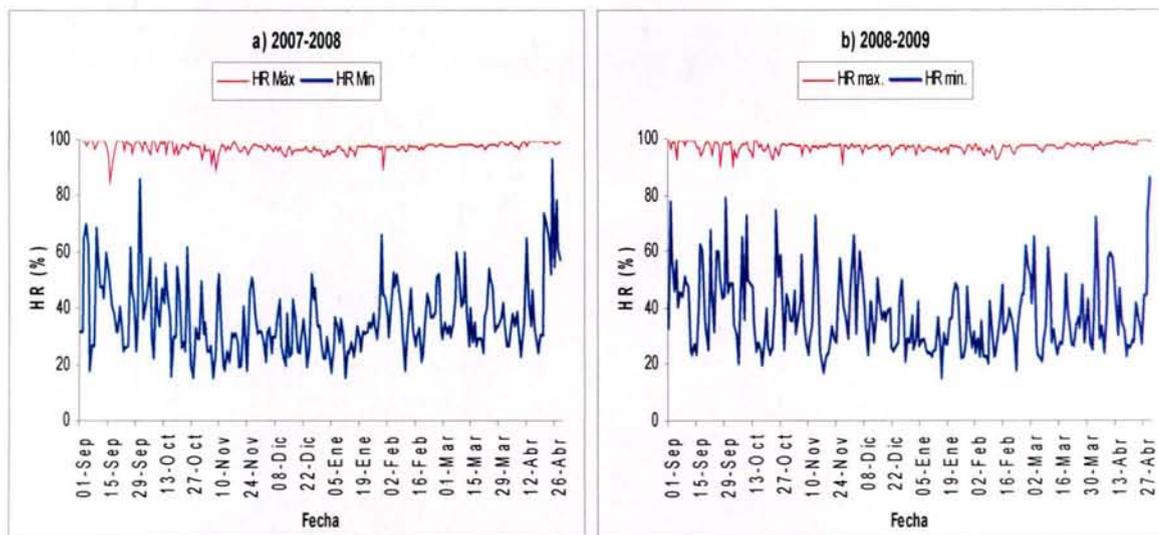


Figura 4.5 a-b. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín), ensayo uva de mesa cv. Thompson Seedless temporadas 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

En cuanto a las temperaturas, la evolución durante las dos temporadas de estudio se presenta en la Figura 4.6 (a-b). Durante la temporada 2007-08, se observa que la máxima temperatura se presentó entre cuaja y pinta con $33,5^{\circ}\text{C}$, mientras que la mínima se observó entre brotación y floración con $-1,1^{\circ}\text{C}$. Por otra parte, durante la segunda temporada la máxima temperatura fue observada entre pinta y cosecha con $33,1^{\circ}\text{C}$ y la mínima entre brotación y floración con $2,1^{\circ}\text{C}$.

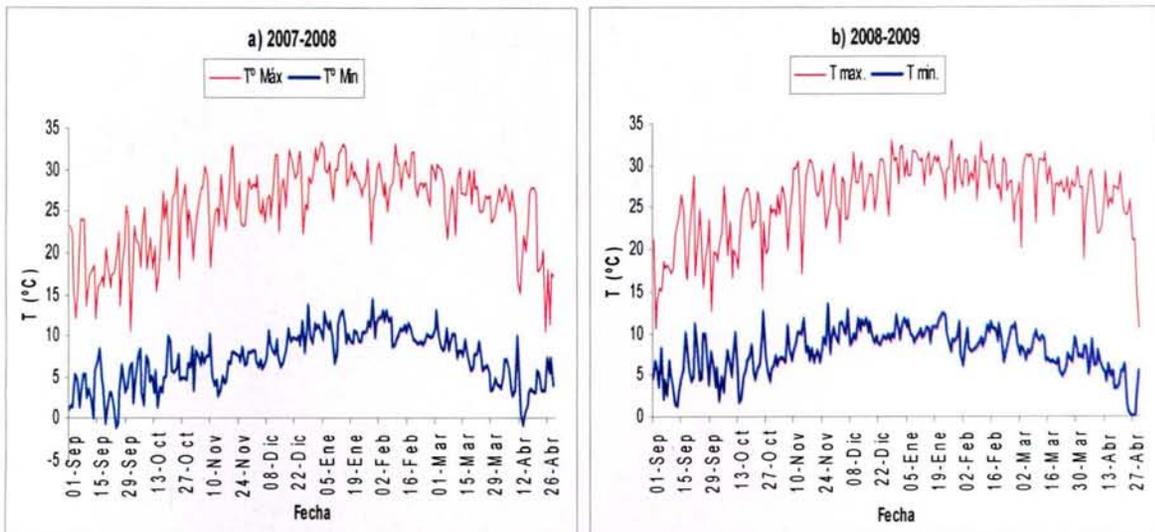


Figura 4.6. Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín), ensayo uva de mesa cv. Thompson Seedless temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

Los diferentes estados fenológicos identificados para uva de mesa cv. Thompson Seedless, y los grados día acumulados desde el 1 de Mayo, para ambas temporadas, se presentan en el Cuadro 4.5. Para las dos temporadas, el período comprendido entre brotación y cosecha, concuerda con lo encontrado por Yakasovic (1994) en el valle de Aconcagua, quién dice que este período es de aproximadamente 150 días para la variedad Thompson seedless, dependiendo de la acumulación de grados día (Sellés *et al.*, 2003). En el Cuadro 4.6 y 4.7, se presentan los volúmenes totales de agua aplicada, a través de las diferentes etapas de desarrollo del cultivo (brotación, floración, cuaja, pinta y cosecha), durante las temporadas 2007-08 y 2008-09. Estudios realizados en el valle de San Joaquín, California, mostraron que los requerimientos hídricos estacionales del cv. Thompson seedless pueden variar entre 4.500 y 8.000 $m^3 ha^{-1}$, dependiendo de la distancia de plantación, del sistema de conducción y de los requerimientos atmosféricos (Williams y Baeza, 2007). Por lo tanto, según esta información, los tratamientos T0 (100%) y T1 (63%) estarían dentro de las cargas de agua adecuadas, con 7.524 y 4.900 m^3/ha para 2007-08, y 6.768 y 4.264 m^3/ha para 2008-09.

Cuadro 4.5. Principales estados fenológicos y grados día acumulados, en uva de mesa cv. Thompson Seedless (temporadas 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	Fecha	GDA ₍₁₀₎	Fecha	GDA ₍₁₀₎
Brotación	5 de Septiembre de 2007	30	15 de Septiembre de 2008	89,5
Floración	22 de Octubre de 2007	139,1	1 de Noviembre de 2008	283,4
Cuaja	20 de Noviembre de 2007	307,6	15 de Noviembre de 2008	380
Pinta	18 de Enero de 2008	837,7	5 de Enero de 2009	835,7
Cosecha	26 de Febrero de 2008	1.217,90	19 de Febrero de 2009	1.278,70

Cuadro 4.6. Volúmenes de agua aplicados por tratamiento (m³ ha⁻¹), en uva de mesa cv. Thompson Seedless (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

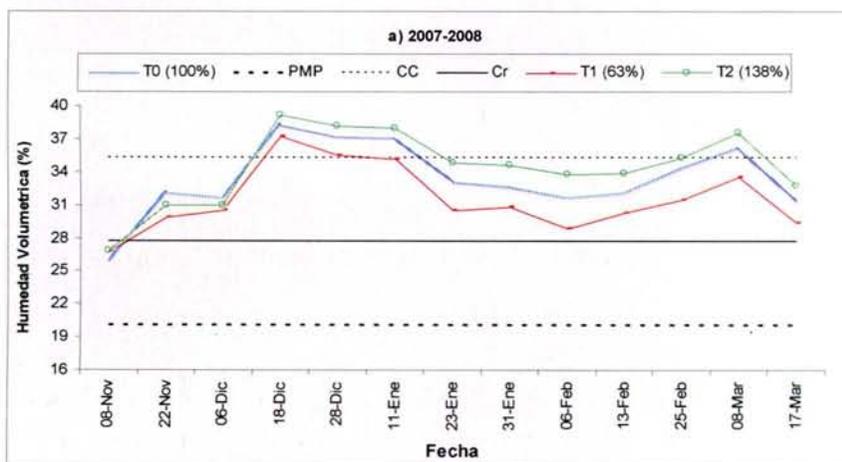
Estado Fenológico	Fecha	T0 (100%)	T1 (63%)	T2 (138%)
Brotación-Floración	5 de Septiembre de 2007	432	432	432
Floración-Cuaja	22 de Octubre de 2007	828	522	1.143
Cuaja-Pinta	20 de Noviembre de 2007	3.672	2.313	5.067
Pinta-Cosecha	18 de Enero de 2008	1.728	1.089	2.385
Cosecha-Postcosecha	26 de Febrero de 2008	864	544	1.192
Total		7.524	4.9	10.219

Cuadro 4.7. Volúmenes de agua aplicados por tratamiento (m³ ha⁻¹), en uva de mesa cv. Thompson Seedless (temporada 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	Fecha	T0 (100%)	T1 (63%)	T2 (138%)
Brotación-Floración	15 de Septiembre de 2008	504	318	696
Floración-Cuaja	1 de Noviembre de 2008	432	272	596
Cuaja-Pinta	15 de Noviembre de 2008	2.232	1.406	3.08
Pinta-Cosecha	5 de Enero de 2009	1.512	953	2.087
Cosecha-Postcosecha	19 de Febrero de 2009	2.088	1.315	2.881
Total		6.768	4.264	9.34

En la Figura 4.7 (a-b), se muestra la evolución del contenido de humedad en el perfil de suelo para cada tratamiento, durante la temporada 2007-08 y 2008-09. En la primera temporada, se observa que a lo largo de todo el período de monitoreo, el contenido de agua se mantuvo entre criterio de riego (CR) y capacidad de campo (CC), superando esta última entre el 18 de diciembre y el 11 de enero en todos los tratamientos. Este exceso de agua, considerando que el suelo del lugar del ensayo es franco-arcilloso y que las vides requieren

entre un 12 y un 15% de espacio poroso para un óptimo desarrollo radicular, podría provocar problemas en el desarrollo de raíces, principalmente por asfixia, generando un crecimiento y una producción desequilibrada (Sellés *et al.*, 2003). Posterior al 11 de enero, el tratamiento con mayor restricción hídrica (T1) se aproximó más rápido al CR en comparación con el resto. Mientras que el día 8 de marzo, luego de cosecha, se observó un aumento en la humedad de suelo por sobre capacidad de campo en los tratamientos T0 y T2, que se debió a las precipitaciones de los días 7 y 8 de marzo, que sumaron un total de 23,4 mm, y a la disminución de los requerimientos hídricos por parte de las plantas. Durante la temporada 2008-09, se observa que el riego del productor (T0) siempre estuvo entre capacidad de campo (CC) y criterio de riego (Cr), al igual que el tratamiento más regado (T2), mientras que el tratamiento menos regado (T1), desde el 27 de enero hasta el término de las mediciones, se mantuvo bajo el criterio de riego, observándose un aumento progresivo en la humedad de suelo luego de cosecha. Además es importante mencionar, que el quiebre en la tendencia a la baja del tratamiento mas estresado, que se observa el día 3 de febrero, se debió a que al momento de la medición el parronal llevaba un 25% del riego programado. Es importante señalar que posterior a cosecha, se continuó regando con el objetivo de no generar ningún tipo de estrés, acumular buenas reservas de carbohidratos en la madera, no afectar la segunda fase de crecimiento de las raíces y completar el calendario de fertirrigación.



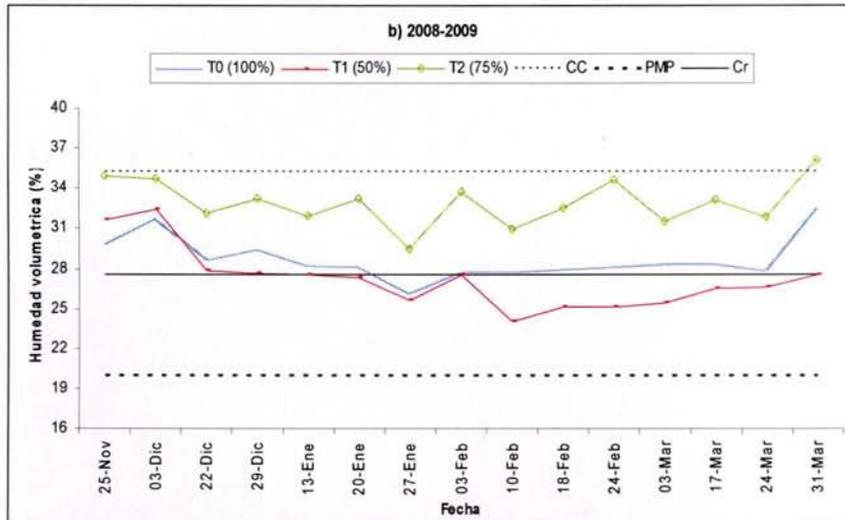


Figura 4.7. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, en uva de mesa cv. Thompson Seedless, temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

El análisis estadístico de la humedad de suelo, para las dos temporadas, se presenta en los Cuadros 4.8 y 4.9. En estos se observa que durante la temporada 2007-08 no hubo diferencias estadísticamente significativas a lo largo del período de evaluación, salvo los días 23 de enero (post-pinta), 25 de febrero (pinta), 08 de marzo y 17 de marzo (post-cosecha), aunque si se muestra una tendencia que indica que los tratamientos con mayor reposición hídrica (T0 y T2) correspondientemente presentan una mayor humedad de suelo, a excepción de los días 8 y 22 de noviembre donde las humedades se observan muy parejas. Por el contrario, durante todo el período de estudio de la temporada 2008-09, se observó diferencias significativas entre los tratamientos, con lo cuál se verifica que los diferentes niveles de riego si estaban teniendo el efecto esperado sobre la humedad de suelo, mostrando claramente mayores humedades en el tratamiento mas regado (T2).

Cuadro 4.8. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	08-nov	22-nov	06-dic	18-dic	28-dic	11-ene
T0 (100%)	26,0	32,1	31,7	38,3	37,2	37,1
T1 (63%)	26,9	30,0	30,6	37,3	35,6	35,3
T2 (138%)	26,8	30,9	31,0	39,2	38,2	38,0
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.V. %	7,69	6,04	5,03	6,56	6,48	7,29
23-ene	31-ene	06-feb	13-feb	25-feb	08-mar	17-mar
33,1ab	32,7	31,8	31,9	34,4ab	36,3ab	31,4ab
30,7a	30,9	29,1	30,4	31,6a	33,6a	29,5a
34,8b	34,6	33,7	33,8	35,3b	37,6b	32,8b
*	n.s	n.s	n.s	*	*	*
-	8,96	13,7	9,39	-	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 4.9. Análisis estadístico del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	25-nov	03-dic	22-dic	29-dic	13-ene	20-ene	27-ene
T0 (100%)	29,9a	31,7a	28,7a	29,5a	28,2a	28,2a	26,2a
T1 (63%)	31,7ab	32,4a	27,9a	27,6a	27,5a	27,3a	25,6a
T2 (138%)	34,9b	34,7b	32,1b	33,3b	31,9b	33,3b	29,5b
Significancia	*	*	**	**	**	**	**
03-feb	10-feb	18-feb	24-feb	03-mar	17-mar	24-mar	31-mar
27,8a	27,8b	27,9a	28,1a	28,4b	28,3a	27,8a	32,4b
27,5a	24,1a	25,2a	25,2a	25,5a	26,6a	26,7a	27,6a
33,8b	30,9c	32,5b	34,6b	31,6c	33,1b	31,8b	36,1c
**	**	**	**	**	**	**	**

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En la Figura 4.8 (a-b), se presenta el potencial hídrico del xilema al mediodía para cada tratamiento. Durante la primera temporada (2007-08), se observa que el potencial de xilema en el período de monitoreo nunca fue menor a $-1,0$ MPa, potencial considerado por Sellés *et al.* (2003), como nivel de estrés para el cv. Thompson Seedless, por lo que se concluye

que las plantas nunca estuvieron estresadas. Lo que concuerda con Williams (2000) quien dice que el potencial de xilema al medio día para el cv. Thompson Seedless, bien regado y sin estrés hídrico varía entre -0,8 y -1,0 MPa. Aunque en experiencias llevadas a cabo por el INIA, en la V Región, en la misma variedad, se ha encontrado que en plantas bien regadas el potencial xilemático observado al medio día es del orden de los -0,6 MPa. Por otro lado, durante la temporada 2008-09, se observa que hubo potenciales de xilema mucho más bajos que durante la primera temporada, menores a -1,0 MPa, determinando con esto que las plantas si estuvieron estresadas durante esta temporada de estudio.

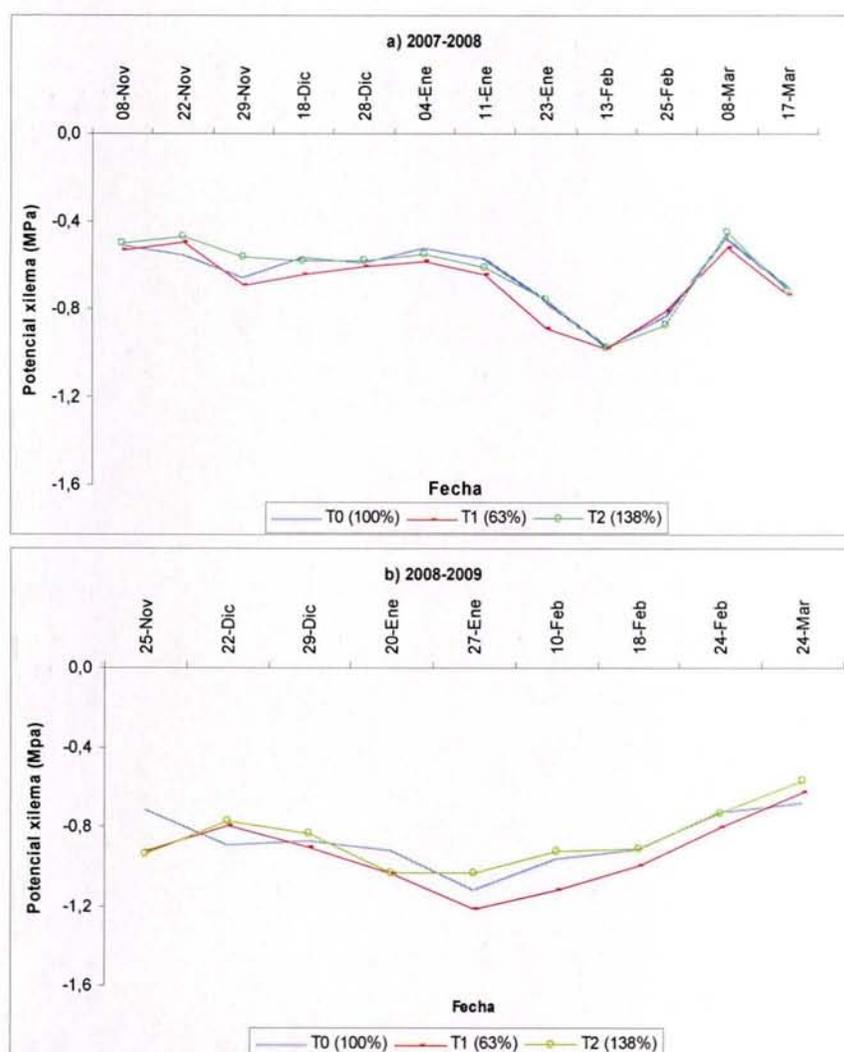


Figura 4.8. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica, en uva de mesa cv. Thompson seedles, temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

En los Cuadros 4.10 y 4.11, se presentan los análisis estadísticos del potencial de xilema al medio día para cada temporada, en estos se observa que durante la primera temporada solo existió diferencias entre los tratamientos en dos momentos, el 29 de noviembre y el 11 de enero, aunque al igual que con la humedad de suelo, se muestra una tendencia a que el tratamiento con menor reposición hídrica (T1) presenta los potenciales mas negativos en la mayoría de los días de medición, aunque en ningún momento se observó estrés, llegando a potenciales de hasta solo -0,98 MPa (13 de febrero T1). Mientras que durante la segunda temporada si hubo diferencias significativas, acentuadas en el período de pinta, alcanzando valores en el tratamiento más estresado (T1) de -1,21 MPa. En las mediciones realizadas después de cosecha (24 de febrero), se produjo un aumento en su valor, además de no observar diferencias, debido a la disminución de los requerimientos hídricos por parte de la planta.

Cuadro 4.10. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	08-nov	22-nov	29-nov	18-dic	28-dic	04-ene
T0 (100%)	-0,51	-0,55	-0,65ab	-0,56	-0,59	-0,52
T1 (63%)	-0,53	-0,50	-0,69b	-0,64	-0,60	-0,58
T2 (138%)	-0,50	-0,47	-0,56a	-0,58	-0,58	-0,55
Significancia	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s
C.V. %	16,75	14,25	-	12,48	13,24	7,91
Tratamiento	11-ene	23-ene	13-feb	25-feb	08-mar	17-mar
T0 (100%)	-0,57a	-0,76	-0,97	-0,83	-0,47	-0,70
T1 (63%)	-0,64b	-0,88	-0,98	-0,81	-0,52	-0,73
T2 (138%)	-0,61ab	-0,76	-0,98	-0,88	-0,45	-0,72
Significancia	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
C.V. %	-	8,84	9,51	27,76	17,92	13,91

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 4.11. Análisis estadístico del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2008-09, Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	25-nov	22-dic	29-dic	20-ene	27-ene	10-feb	18-feb	24-feb	24-mar
T0 (100%)	-0,71a	-0,89b	-0,87ab	-0,92a	-1,12b	-0,96a	-0,91a	-0,73	-0,68b
T1 (63%)	-0,92b	-0,79a	-0,90b	-1,04b	-1,21c	-1,12b	-0,99b	-0,80	-0,63ab
T2 (138%)	-0,94b	-0,78a	-0,83a	-1,03b	-1,03a	-0,92a	-0,91a	-0,73	-0,57a
Significancia	*	**	**	**	**	**	*	n.s	*
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	9,66	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Los análisis estadísticos de los principales factores de calidad, para las dos temporadas de estudio, se presentan en el Cuadro 4.12. En este se puede observar que para ambas temporadas, no existió diferencias sobre los factores de calidad como pH, acidez total y sólidos solubles, aunque sí en el diámetro de bayas, siendo el tratamiento más regado (T2 138%) el de mayor diámetro para las dos temporadas. Estudios llevados a cabo por el INIA, en San Felipe, mostraron que las plantas que han sido sometidas a estrés en el período de floración-pinta, logran un tamaño final de bayas de 0,5 a 0,7 mm menos, respecto de ellas que no fueron sometidas a ningún tipo de estrés, por lo que el riego en esta etapa del desarrollo del fruto se hace muy importante, debido a que el tamaño de las bayas es uno de los factores de calidad más relevantes. Es importante mencionar, que aunque durante la segunda temporada las plantas sí estuvieron estresadas y hubo diferencias entre los tratamientos, se obtuvo bayas con diámetros entre 17 y 18 mm para todos los tratamientos, diámetros que corresponderían a la categoría "grande" dentro de la clasificación de calibres exportables descrito por el California Agricultural Code. Observándose los mayores diámetros en las plantas menos estresadas.

Cuadro 4.12. Análisis estadístico de los factores de calidad, en uva de mesa cv. Thompson Seedless (temporadas 2007-08 y 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	pH		Ac. Total		°Brix		Diámetro de bayas	
	2007-08	2008-09	2007-08	2008-09	2007-08	2008-09	2007-08	2008-09
T0 (100%)	3,4	3,5	3,3	3,5	17,0	18,8	16,87a	18,15ab
T1 (63%)	3,6	3,6	3,7	3,8	16,9	18,9	17,75b	17,97a
T2 (138%)	3,5	3,5	3,6	3,6	17,0	17,9	17,85b	18,25b
Significancia	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	**	*
C.V. %	2,98	2,40	14,06	10,78	8,82	7,21	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En cuanto a los factores del rendimiento, estos se presentan en los Cuadros 4.13 y 4.14, donde se observa que para las dos temporadas de estudio no hubo diferencias en el peso de racimos ni en el rendimiento, mientras que en el número de bayas por racimo, durante la segunda temporada, hubo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos de riego. Es importante destacar que aunque no hubo diferencias en la mayoría de los componentes del rendimiento analizados, si se observa una clara tendencia, donde los tratamientos con mayor aporte hídrico (T0 y T2), presentaron un mayor peso de racimos, un mayor número de bayas por racimo y un mayor rendimiento en toneladas por hectárea, que el tratamiento mas restringido (T1).

Cuadro 4.13. Análisis estadístico de los factores del rendimiento, en uva de mesa cv. Thompson Seedless (temporada 2007-2008. Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	Peso racimo (gr)	Nº bayas/racimo	Rdto. (ton ha ⁻¹)
T0 (100%)	721,7	137,7	31,5
T1 (63%)	714,4	130,8	30,1
T2 (138%)	781,1	138,5	32,7
Significancia	n.s	n.s	n.s
C.V.%	14	9,8	18,11

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 4.14. Análisis estadístico de los factores del rendimiento, en uva de mesa cv. Thompson Seedless (durante la temporada 2008-2009, Coltauco, Región de O'Higgins).

Tratamiento	Peso racimo (gr)	Nº bayas/racimo	Rdto. (ton ha ⁻¹)
T0 (100%)	702,4	133,1 ab	36,3
T1 (63%)	688,3	128,6 b	35,9
T2 (138%)	703,9	146,3 a	36,7
Significancia	n.s	**	n.s
C.V.%	8,61	-	10,41

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

La evolución del porcentaje de sombra o cobertura, se presenta en la Figura 4.9 (a-b). Para la temporada 2007-08, se observa claramente que a medida que avanza la temporada el porcentaje de cobertura aumenta progresivamente, destacando que el tratamiento más regado (T2) al inicio presentó una mayor cobertura con respecto a los demás, aunque hacia el final de la temporada los tratamientos fueron muy similares con porcentajes de cobertura de entre un 78% (T0 100% riego productor) y un 74% (T1 y T2). Con respecto a la temporada 2008-09 también se observa que existe un aumento progresivo en el porcentaje de cobertura, aunque no tan marcado como en el primer período, esto debido principalmente a que las mediciones comenzaron más tarde en la temporada, y a que hubo una menor expresión vegetativa que durante la primera, obteniendo porcentajes de cobertura de entre un 41% (T0 100%) y un 53% (T1 63%). Según Williams *et al.* (2003), en condiciones de restricción hídrica el área de hojas por planta disminuiría, principalmente debido a una reducción en el largo de los brotes y a la presencia de hojas más pequeñas, lo cual podría explicar la disminución en el porcentaje de cobertura observado durante la temporada 2008-09, con respecto a la primera temporada. Lo que también se podría deber a que se realizó un desbrote más severo temprano en la temporada.

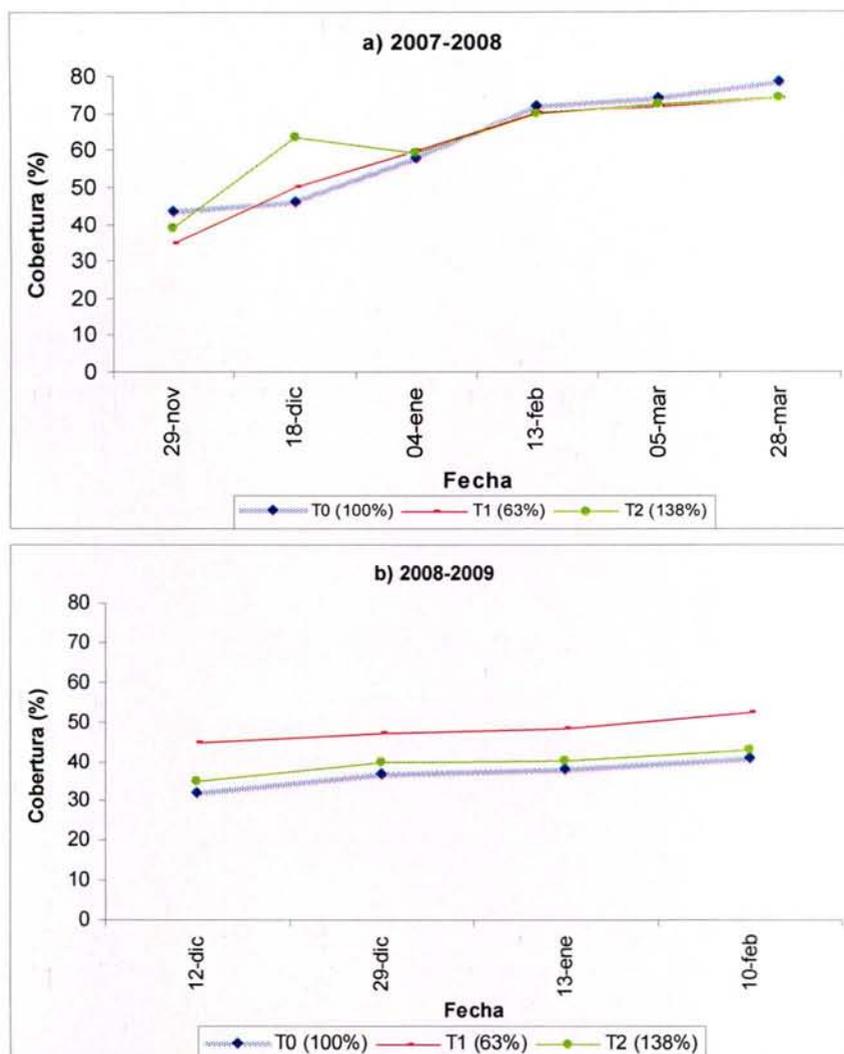


Figura 4.9. Evolución del porcentaje de cobertura, para diferentes niveles de reposición hídrica, en uva de mesa cv. Thompson Seedless, temporadas a) 2007-08 y b) 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins.

En los Cuadros 4.15 y 4.16, se presentan los coeficientes de cultivo usados (*Kc) para uva de mesa cv. Thompson Seedless, con diferentes niveles de reposición hídrica, durante las temporadas 2007-08 y 2008-09, en la zona de Coltauco, Región de O'Higgins. Valores de Kc que junto a los análisis de calidad, rendimiento y potencial de xilema, muestran una tendencia a que la reposición hídrica del productor (T0) durante todo el período, podría ser una buena alternativa para el manejo del riego. Análisis basado principalmente en los datos obtenidos a partir de la segunda temporada de estudio, ya que durante el primer período no se observó diferencias en la humedad de suelo, por lo que no se podrían considerar como

tratamientos riego. Aunque al analizar los datos de rendimiento y calidad obtenidos, estos muestran la misma tendencia que se observa en los datos de la segunda temporada.

Los Kc obtenidos con el tratamiento T0, son similares a los sugeridos por Sellés (2001) y con lo observado en estudios realizados en México, donde este coeficiente varía entre 0,1 y 0,8 durante la temporada de crecimiento (Fimbres *et al.*, 2000). Resultados que también concuerdan con lo expuesto por Williams *et al.* (2003), quien propone que el Kc = 0,017 * % sombramiento, ya que se observa claramente que durante 2007-08 los Kc T0, en el estado de máxima demanda, son mayores que durante la segunda temporada.

Es importante destacar, que el aumento en el coeficiente de cultivo (Kc) para cosecha, observado durante la segunda temporada (2008-09) se debió principalmente a aportes hídricos asociados al calendario de fertirrigación.

Cuadro 4.15. Coeficientes de cultivo usados (Kc) para uva de mesa cv. Thompson Seedless con diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2007-08. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	Kc T0	Kc T1	Kc T2
Brotación	0,31	0,31	0,31
Floración	0,64	0,42	0,86
Cuaja	1,16	0,72	1,59
Pinta	0,96	0,6	1,32
Cosecha	0,78	0,49	1,07

Cuadro 4.16. Coeficientes de cultivo usados (Kc) para uva de mesa cv. Thompson Seedless con diferentes niveles de reposición hídrica (temporada 2008-09. Coltauco, Región de O'Higgins).

Estado Fenológico	Kc T0	Kc T1	Kc T2
Brotación	0,36	0,23	0,5
Floración	0,77	0,48	1,06
Cuaja	0,94	0,59	1,29
Pinta	0,73	0,46	1
Cosecha	*1,14	*0,71	*1,56

* Valor asociado al programa de fertirrigación postcosecha.

4.4. Conclusiones

Los diferentes tratamientos de riego, aplicados durante la segunda temporada de estudio, generaron diferencias significativas en los potenciales hídricos de xilema medidos a medio día, resultando los tratamientos menos regados (T0 y T1) con los potenciales más bajos. Efecto que no se vio durante la primera temporada, ya que no se logró generar diferencias de humedad de suelo entre los tratamientos.

Las diferentes cargas de agua aplicadas tuvieron una tendencia clara, pero no significativa, sobre los factores del rendimiento y el diámetro de bayas, observándose valores más altos en el tratamiento con mayor aporte hídrico (T2). En cuanto a los factores de calidad, si bien durante la segunda temporada hubo diferencias entre los tratamientos de riego, estos no generaron diferencias significativas en pH, acidez total y sólidos solubles, al igual que durante la primera temporada.

En relación al porcentaje de cobertura, se observó durante 2007-08 un mayor valor, llegando al 78%, mientras que durante 2008-09 la máxima cobertura fue de un 53%. Lo cual se debió principalmente a un desbrote más severo durante la segunda temporada, lo que se tradujo en un menor requerimiento hídrico total.

En consecuencia, analizando la combinación entre los resultados de rendimiento, calidad y potencial de xilema, se puede concluir que los coeficientes de cultivo más apropiados para las condiciones de este ensayo son: Floración 0,6; Cuaja 0,9; Pinta 1,0 y Cosecha 0,8. Con estos Kc las plantas no deberían bajar de -1MPa en el potencial hídrico de xilema al medio día, valor considerado como límite para un buen estatus hídrico.

4.5. Bibliografía

Ezzahouani, A. and Williams, L. 2007. Effect of Irrigation Amount and Preharvest Irrigation Cutoff Date on Vine Water Status and Productivity of Danlas Grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 58: 333-340.

Ferreyra, R., Sellés, G. y Sellés, I., 2001. Riego deficitario controlado en uva de mesa. *Boletín INIA N° 60*, 44p.

Fimbres, A., Martínez, G. y Valenzuela, M. 2000. Alta y baja humedad con riego por goteo en vid para mesa y su efecto en las yemas florales. *Terra*, 18 (3): 219-224.

Intrigliolo, D. and Castel, J. 2008. Effects of Irrigation on the Performance of Grapevine cv. Tempranillo in Requena, Spain. *Am. J. Enol. Vitic.*, 59: 30-38.

Keller, M. 2005. Deficit Irrigation and Vine Mineral Nutrition. *Am. J. Enol. Vitic.*, 56: 267-282.

Maldonado, I. y Aravena, R. 2006. Redes de estaciones meteorológicas automáticas y sus aplicaciones productivas. *Boletín INIA N° 147*, 378p.

Ortega-Farias, S., Acevedo, C., Salazar, R. y Zham, E. 2003. Uso de técnicas de agricultura de precisión en la programación del riego para optimizar el rendimiento y calidad de mostos y vinos. "IX Latin American Congreso on Viticultura and Enology: Internacional Symposium on Precision Viticultura". CAPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile, 15p.

Ortega-Farias, S. y Carrasco, M., 2005. Cap 9, Sistema de programación de riego usando estaciones meteorológicas automáticas. *Boletín INIA N° 145*, Chile, 217-232.

Salón, J., Chirivella, C. and Castel, J. 2005. Response of cv. Bobal to Timing of Deficit Irrigation in Requena, Spain: Water Relations, Yield, and Wine Quality. *Am. J. Enol. Vitic.*, 56: 2-8.

Selles, G., Ferreyra, R., Contreras, G., Ahumada, R., Valenzuela, J. y Bravo, R. 2003. Manejo de riego por goteo en uva de mesa cv. Thompson seedless cultivada en suelo de textura fina. *Agricultura técnica*. 63 (2): 1-14.

Valenzuela, J. 2000. Uva de mesa en Chile. Libros INIA N° 5, 338p.

Wample, R. 2007. Riego en uva de mesa: una vista el valle de San Joaquín en California. Serie de actas INIA N° 39.

Williams, L. 2000. Cap. 16, Grapevine Water Relations. Raisin production manual. University of California, USA, 121-126.

Williams, L., Phene, C., Grimes, D. and Trout, T. 2003. Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California. *Irrig. Sci.* 22: 11-18.

Williams, L. and Baeza, P., 2007. Relationships among Ambient Temperature and Vapor Pressure Deficit and Leaf and Stem Water Potentials of Fully Irrigated, Field-Grown Grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 58: 173-181.

5. Ensayo Olivos

5.1 Introducción

Durante los últimos años, el sector olivícola nacional ha experimentado una gran capacidad de crecimiento, tanto en la cantidad de hectáreas plantadas como en la producción de aceite de oliva de alta calidad. Pero la investigación relacionada con el manejo de este cultivo no ha aumentado de la misma forma, por lo tanto es necesario avanzar con respecto a este punto. En investigaciones internacionales se ha observado que el manejo del riego ha tenido un efecto directo sobre las características de calidad del aceite de oliva.

Es así que la olivicultura a nivel mundial utiliza un manejo hídrico de los huertos mediante estrategias de riego deficitario controlado (RDC). Varios autores han señalado que utilizando RDC no se han producido efectos negativos en cuanto a producción y desarrollo de la fruta (Alegre *et al.*, 2002; Goldhamer, 1999; Mariscal *et al.*, 2000; Michelakis, 1990; Tognetti *et al.*, 2005). Estudios realizados en España y California demostraron que un RDC, aplicado entre el endurecimiento de carozo y comienzo de la maduración, no redujeron la producción media del cultivo. Además, estos recortes se tradujeron siempre en una mejora de las características organolépticas de los aceites y en un mejor comportamiento de los frutos durante el proceso de extracción de aceite (Alegre *et al.*, 2002; Goldhamer, 1999). La extracción de aceite disminuye cuando el agua de riego aumenta (Girona *et al.*, 2002; Faci *et al.*, 2002), por lo tanto, disminuir el porcentaje de humedad en el fruto al momento de la cosecha sería muy beneficioso para el proceso industrial, ya que como se mencionó anteriormente menor humedad en el fruto facilita el proceso de extracción del aceite.

Pastor (1999) menciona que es frecuente afirmar que el riego reduce el rendimiento graso de la aceituna. Con excepción de los olivares cultivados en zonas secas o en años de escasa pluviometría, el porcentaje de aceite referido a peso fresco puede ser algo más bajo en los frutos de los olivos bien regados que en los de secano. Pero debe tenerse en cuenta que la

cantidad de aceite producido por un determinado número de frutos depende del aceite contenido en cada fruto, y no del porcentaje de aceite sobre el peso.

En cuanto al coeficiente de cultivo (Kc) a utilizar, hay una gran variedad de opiniones ya que varía de acuerdo a las condiciones locales. A modo de referencia, Allen *et al.* (1998) sugiere un Kc para olivos de 0,65-0,7. En España Pastor y Orgaz (1994), definen un Kc mensual que varía de 0,45-0,65 durante meses de enero a diciembre. Girona *et al.* (2002) menciona que el coeficiente de cultivo (Kc) para la producción del aceite es inferior que el Kc óptimo para el crecimiento vegetativo de los árboles. Debido a esta variedad de valores en el Kc es necesario validar o redefinir estos valores para cada zona, cultivar y periodo fenológico determinado.

Otro aspecto importante de analizar es el efecto del déficit hídrico sobre los componentes de calidad del aceite como la acidez; contenido de polifenoles; K₂₃₂; K₂₇₀; K₂₂₅ (amargura); y estabilidad oxidativa. En la mayoría de los casos las investigaciones reportan que el contenido de polifenoles, y la estabilidad oxidativa disminuyen al aumentar la cantidad de agua de riego (Berenguer *et al.*, 2006; Faci *et al.*, 2002; D'andria *et al.*, 2004; Gucci *et al.*, 2004; Tovar *et al.*, 2001,2002). Además se han encontrado efectos del nivel de riego en las características sensoriales del aceite, donde se redujo el sabor afrutado, amargor y acritud cuando los árboles tuvieron un mayor aporte hídrico (Berenguer *et al.*, 2006; Motilva *et al.*, 1999, 2000; Patumi *et al.*, 1999, 2002; Gómez-Rico *et al.*, 2007).

En cuanto a la acumulación de aceite en los frutos Magliulo *et al.*, 2003; Costagli *et al.*, 2003, D'andria *et al.* 2004 y Gómez-Rico *et al.* 2007 mencionan que esta no se vería afectada por la disponibilidad de agua. Las referencias acerca del efecto del riego sobre la calidad del aceite mencionan que esta depende de la magnitud y del momento en que se aplique la restricción de agua.

Finalmente, es importante señalar que el olivo es naturalmente un árbol de fructificación alterna (Lavee *et al.*, 2004). La alternancia en la producción que podrían presentar los olivos pueden llegar hasta el 90% (Serrano, 1998). Sibbett (2002) señaló que este fenómeno podría tener relación con una variedad de factores, entre ellos el riego y fecha de cosecha. Al respecto, Berenguer *et al.* (2006) menciona que un adecuado manejo de agua en el huerto sirve para optimizar varios factores como: la producción aceite, controlar el crecimiento y a su vez reducir la alternancia. Por su parte, Nuberg y Yunusa (2003) y

Wahbi *et al.* (2005), observaron alternancias en la producción, pero señalaron que esta no tenía ninguna asociación con el abastecimiento de agua en los huertos, ya que en ambas investigaciones los volúmenes de riego permanecieron en gran parte similares entre las temporadas del estudio.

El objetivo de la presente investigación fue determinar los niveles óptimos de reposición hídrica en olivos (*Olea europea* L) con el fin de mejorar la productividad y calidad final del aceite de oliva del cv. arbequina en la zona de Pencahue, región del Maule, Chile.

5.2 Metodología y pauta de trabajo

Con el objetivo de evaluar el efecto del déficit hídrico aplicado sobre la producción y calidad del aceite de oliva en un olivar ubicado al poniente de la ciudad de Talca, en el sector de Quepo, Pencahue, región del Maule (35°23' lat. Sur; 71°44' long. Oeste; 90 m.s.n.m), se realizó un ensayo en una parcela experimental de 6.120 m², durante las temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009. Los olivos al inicio de los ensayos tenían 7 años de edad, cv. arbequina, plantado con orientación norte-sur a una distancia de 6,0 m entre hileras y 3,0 m sobre hilera, regado por goteo. Durante la temporada 2006-2007 contaba solo con una línea de riego con 3 goteros por planta con una descarga total por árbol de 12 L h⁻¹, la temporada siguiente se agregó otra línea de riego quedando con 6 goteros por planta con una descarga total de 22,5 L h⁻¹.

Los riegos se realizaron semanalmente desde Octubre a Mayo, y los tiempos de riego se determinaron de acuerdo a los valores de evapotranspiración real del olivo (ET_{real}). Los valores diarios de ET_{real} se calcularon de la siguiente forma:

$$ET_{real} = ETr * Kc$$

donde, ETr = evapotranspiración de referencia usando una estación meteorológica automática (mm día⁻¹); Kc = coeficiente de cultivo.

El coeficiente de cultivo (Kc) de 0,6 fue obtenido como promedio de los Kc (0.55 – 0.65) propuestos por Goldhamer *et al.* (1994) para California (USA) (Orgaz and Fereres, 1999).

El clima es de tipo templado semiárido, con una temperatura media máxima y mínima de 32,6°C y 5,5°C, respectivamente. El régimen hídrico presenta una precipitación promedio anual de 709 mm, un déficit hídrico de 863 mm, con un período seco de 7 meses (CIREN CORFO, 1994). El suelo presenta una textura franco arcillosa, donde la profundidad efectiva de raíces se concentra en los primeros 60 cm de suelo. Para los primeros 60 cm de profundidad de suelo, la densidad aparente (g cm^{-3}), capacidad de campo (% V/V) y punto de marchitez permanente (% V/V), fueron de 1,27; 35,3 y 20,87, respectivamente (Laboratorio de suelos Universidad de Talca, 2007).

El ensayo en el cultivar Arbequina correspondió a un diseño experimental completamente al azar. Durante la primera temporada se evaluaron seis niveles de reposición hídrica entre inicio de endurecimiento de carozo (IEC) y cosecha de 30, 60, 80 y 100% de la evapotranspiración real del olivo (ETreal), mientras la segunda y tercera temporada también se evaluaron seis niveles de reposición hídrica entre IEC y cosecha de 30, 60, 80 y 100% de la ETreal del olivo y un control con el riego aplicado por el agricultor (Cuadro 5.1 y 5.2). Cabe señalar que los tratamientos de la segunda y tercera temporada fueron ajustados en cuanto a sus combinaciones a partir de la información generada durante la primera temporada. No obstante lo anterior, el diseño generó un total seis tratamientos con tres repeticiones cada uno. A su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta por 20 árboles (incluidos los bordes). Los resultados de las mediciones de producción y calidad de aceite fueron sometidos a un análisis de varianza.

Cuadro 5.1. Tratamientos de riego durante los períodos de inicio endurecimiento carozo a cosecha, cv. Arbequina (Quepo, Región del Maule, temporada 2006-2007).

Tratamiento	Reposición Hídrica (%ETReal)	
	Inicio a término de Endurecimiento de carozo	Fin endurecimiento carozo hasta cosecha
100-100	100	100
80-80	80	80
60-80	60	80
60-60	60	60
30-80	30	80
30-60	30	60

Cuadro 5.2. Tratamientos de riego durante los períodos de inicio endurecimiento carozo a cosecha, cv. Arbequina (Quepo, Región del Maule, temporadas 2007-2008, 2008-2009).

Tratamiento	Reposición Hídrica (%ETReal)	
	Inicio a término de Endurecimiento de carozo	Fin endurecimiento carozo hasta cosecha
R. Agricultor	Riego Agricultor	Riego Agricultor
100-100	100	100
80-80	80	80
60-80	60	80
60-60	60	60
30-60	30	60

A 680 metros de la parcela experimental se instaló una Estación Meteorológica Automática (EMA) (Onset, EE.UU.) en condiciones de referencia, que fue usada para medir temperatura del aire (T_a), humedad relativa (HR), velocidad del viento (V_v), radiación solar (R_s) y precipitaciones (P_p), en intervalos de 15 min.

Para caracterizar el estatus hídrico se midió el potencial del xilema al mediodía (ψ_{md} , MPa) mediante el método de la cámara de presión (Scholander *et al.*, 1965), utilizando la metodología definida por Meyer and Reicosky (1985) y Pérez-López *et al.* (2007). La cámara de presión utilizada fue una PMS model 1000 (Instruments Co., Corvallis, Oregón, EE.UU.) (Figura 5.1). Estas mediciones se realizaron semanalmente durante la temporada con especial énfasis en las etapas fenológicas claves del olivo.

Para las mediciones de ψ_{md} se seleccionaron seis ramillas por tratamiento, las que se envolvieron en una bolsa plástica y se cubrieron con papel de aluminio 2 horas antes de realizar la medición.

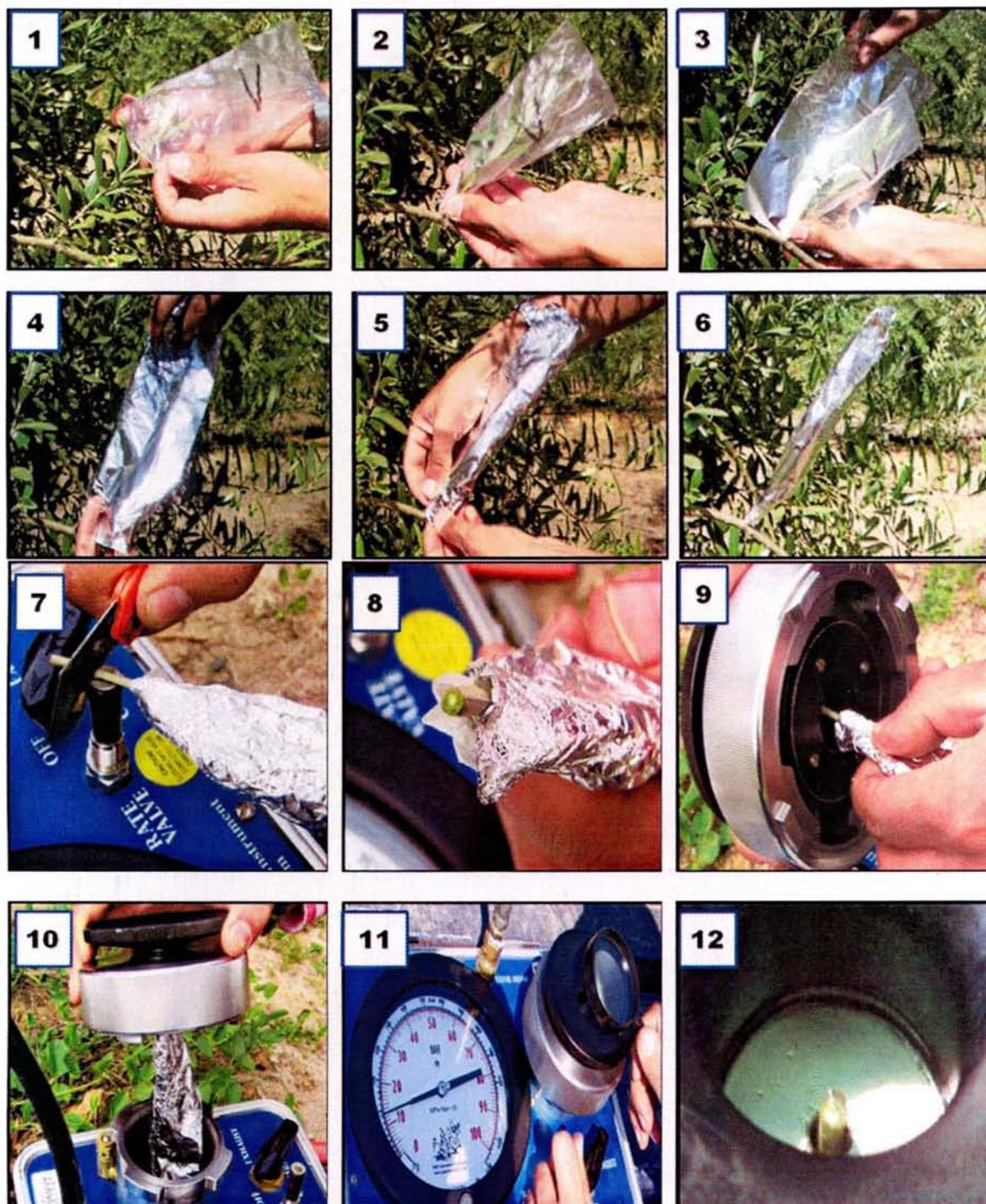


Figura 5.1. Mediciones del Potencial de xilema al mediodía.

Con el fin de monitorear el efecto de los diferentes tratamientos de riego en el largo de las ramillas se seleccionaron cuatro ramillas de dos árboles diferentes por repetición, las cuales fueron medidas periódicamente desde octubre hasta mayo (Figura 5.2).



Figura 5.2. Mediciones del Largo ramilla

Al momento de la cosecha se realizó la caracterización de los frutos de los diferentes tratamientos, se tomaron muestras de frutos al azar a las cuales se les registró el peso total, peso de pulpa y carozo, relación pulpa carozo e índice de madurez por color (Berenguer et al., 2006). En el laboratorio se determinó el contenido graso de los frutos por el método Soxhlet, con esos datos más los de peso medio de fruto, número de frutos por árbol y árboles por hectárea, la producción tanto de fruta como de aceite fue establecida, y la eficiencia del uso del agua calculada.

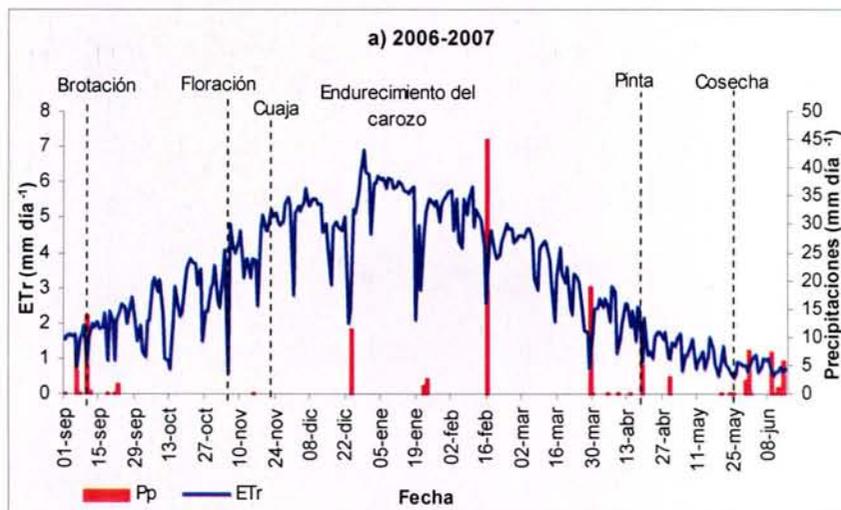
Por último, alrededor de 20 kilogramos de fruta por repetición fueron enviadas al laboratorio, de las cuales se obtuvo el aceite usando un “Oliomio Mini” (Enoagricola Mori, Florence, Italy) con el fin de realizar el análisis de acidez (% ácido oleico), número de peróxidos (meq O_2 /kg), coeficientes K_{232} y K_{270} (absorbancia UV a 232 y 270 nm), todo lo anterior fue realizado de acuerdo al método descrito en la regulación europea EEC 2568/91. También se determinaron los polifenoles totales (ppm ácido cafeico) según Montedoro *et al.* (1992).

Para evaluar el efecto de los tratamientos de riego, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Las diferencias entre las medias fueron comparadas mediante la prueba LSD ($\alpha=0,05$).

5.3. Resultados y discusiones

La Figura 5.3 muestra la evolución de la precipitación y evapotranspiración de referencia (ETr) durante las tres temporadas de estudio. Entre inicio de la temporada¹ y cosecha², precipitaron 123 mm, 280 mm y 100 mm de agua, durante las temporadas 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009 respectivamente. En las dos últimas, sobre el 58% de las precipitaciones ocurrieron en el período de pinta – cosecha, mientras que en la primera temporada solo el 14% de las precipitaciones se presentaron en dicho periodo. El inicio de la temporada regular de riego por parte del productor para la primera temporada fue la primera semana de Noviembre del 2006, y las dos temporadas restantes los riegos se iniciaron la tercera semana de octubre.

La ETr acumulada entre brotación y cosecha para las temporadas 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009 fue de 887 mm, 967 mm y 983 mm respectivamente. Los valores más altos de ETr se encontraron entre los meses de diciembre y enero para todas las temporadas, con un valor acumulado de 321 mm (2006-2007), 337 mm (2007-2008) y 336 mm (2008-2009) siendo este el período donde se produce sobre el 34% de la ETr total de la temporada para esta variedad.



¹ Inicio de mediciones fue el 01 de septiembre en cada una de las tres temporadas.

² Las fechas de cosechas y estados fenológicos de cada una de las temporadas se encuentran en el anexo al final de este reporte.

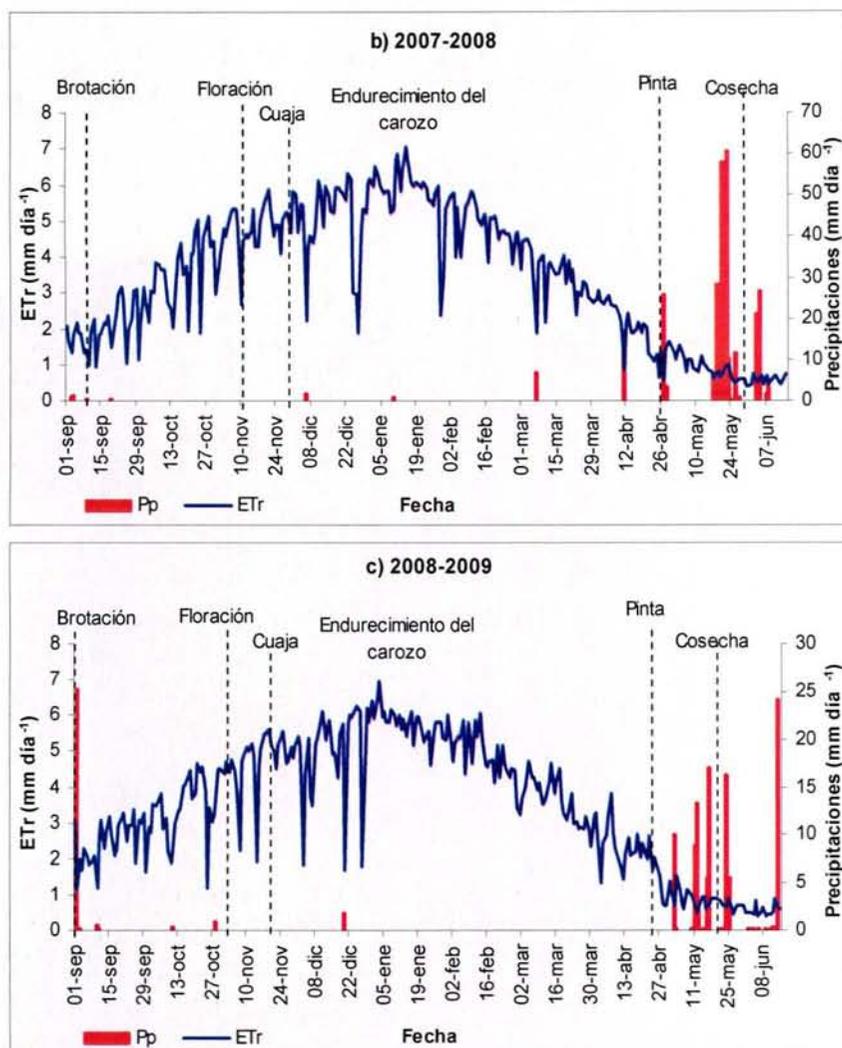


Figura 5.3. Evolución de las precipitaciones (Pp) y evapotranspiración de referencia (ETr), Olivos cv. Arbequina, temporadas agrícolas a) 2006-2007, b) 2007-2008 y c) 2008-2009 Péncahue, Región del Maule.

Durante la primera temporada el menor valor de humedad relativa se registro en noviembre con un valor de 11,4 %, la segunda y tercera temporada el mínimo registro fue de 12,0 % observada en enero y abril respectivamente (Figura 5.4.).

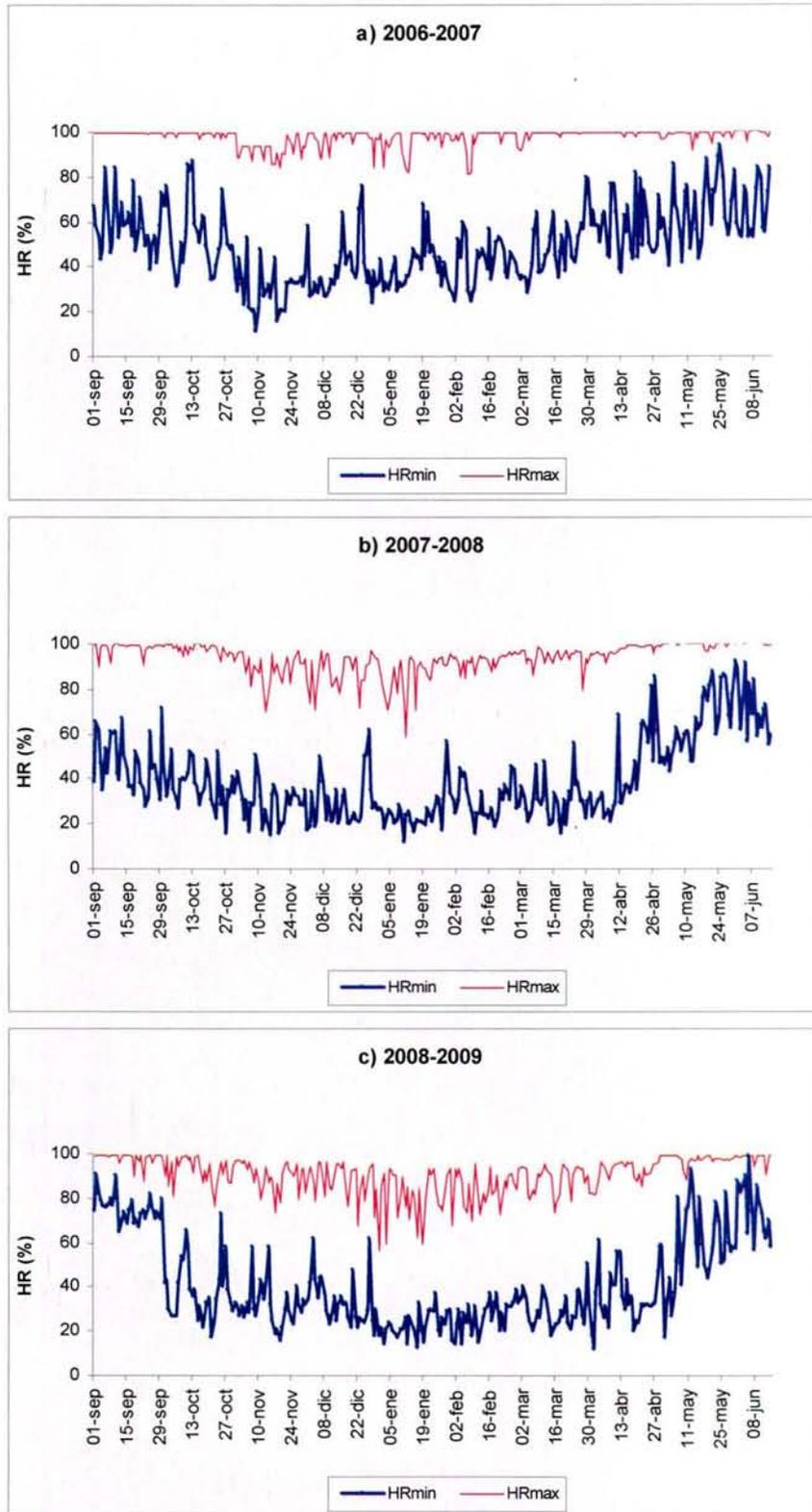
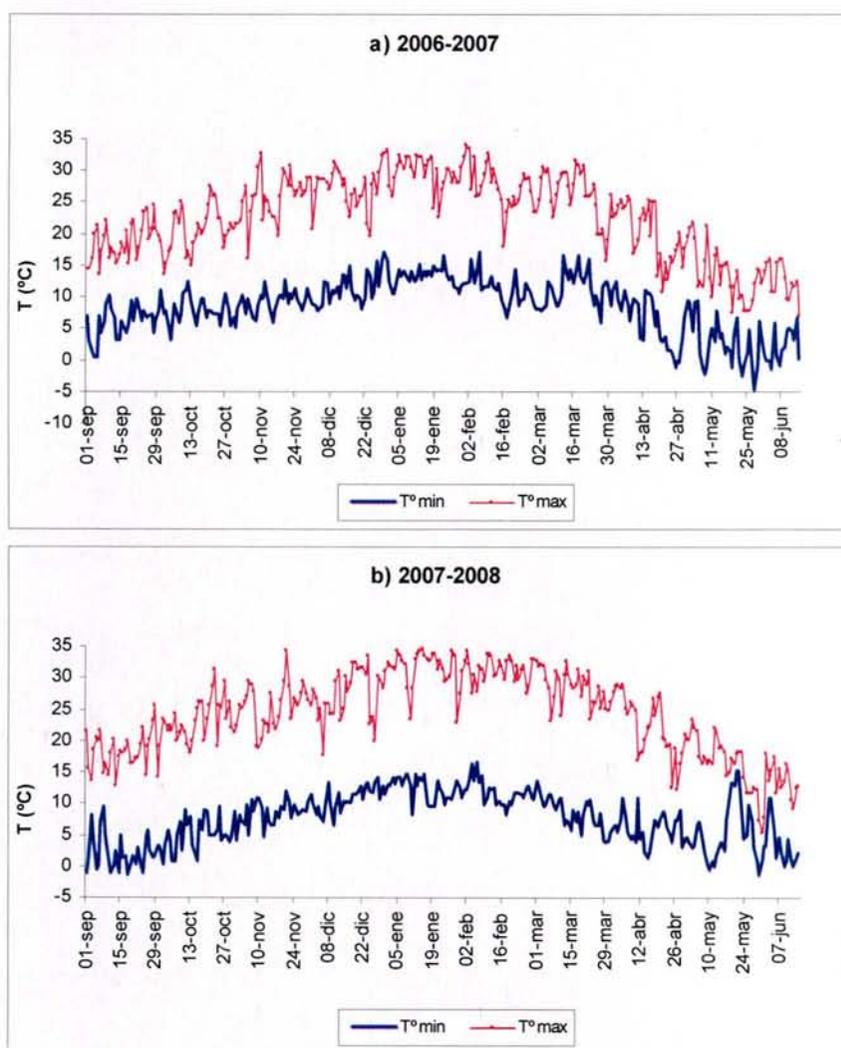


Figura 5.4. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx.) y mínima (HR mín.), cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

La máxima y mínima temperatura en la primera temporada ocurrió en febrero y mayo, con valores de 34,1°C y -4,83°C, respectivamente, a su vez la segunda temporada la máxima temperatura se registró en enero, con un valor de 34,9°C, y la mínima en mayo con -1,5°C. En la última temporada, la temperatura máxima y mínima tuvieron valores de 37,9°C y -0,2°C en enero y mayo respectivamente. Por último, es importante señalar que existió una relación directa entre los valores máximos de temperaturas y los consumos máximos de agua diarios (ETr) en la temporada, siendo los meses de diciembre y enero los de mayor demanda hídrica (Figura 5.5).



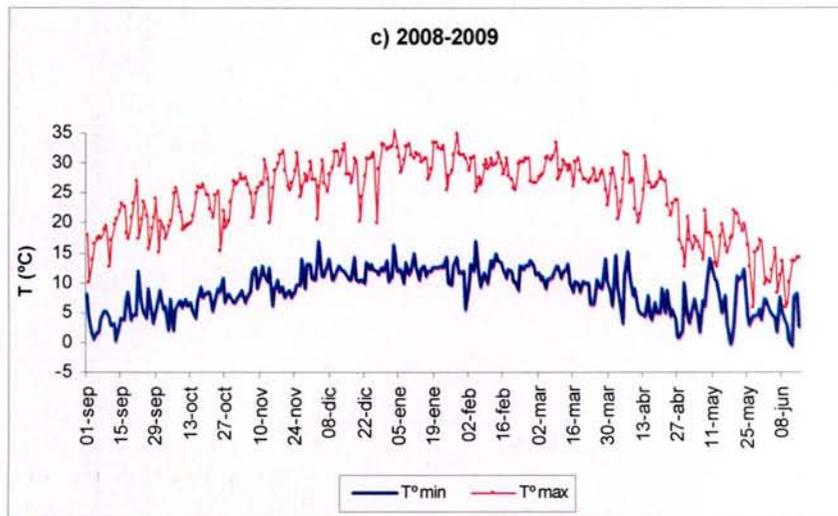


Figura 5.5. Evolución de la temperatura máxima (T° máx.) y mínima (T° mín.), cv. Arbequina, temporadas agrícolas a) 2006-2007, b) 2007-2008, c) 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

El Cuadro 5.3 muestra la acumulación de los grados día ($^{\circ}$ DG) y evapotranspiración de referencia (ET_r) desde el periodo fenológico de brotación (1^{ra} a 2^{da} semana de septiembre) hasta pinta (2^{da} a 4^{ta} semana abril) para cada una de las temporadas en estudio. La acumulación térmica total para el periodo anteriormente señalado varió entre los 1183 $^{\circ}$ DG a 1330 $^{\circ}$ DG, alcanzando un valor promedio en las tres temporadas de 1240 $^{\circ}$ DG, mientras la ET_r estuvo alrededor de los 913 mm promedio.

Cuadro 5.3. Acumulación de Grados Día (base 12,5°C) y Evapotranspiración de referencia (ETr) por periodo fenológico *Olea europea* cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

E. Fenológico Temporada		Brotación	Floración	Cuaja	IEC	FEC	Total
		Floración	Cuaja	IEC	FEC	Pinta	
2006	°DG	101	80	287	136	579	1.183
	ETr	136	65	210	83	348	842
2007	°DG	99	86	276	172	573	1.206
	ETr	202	89	199	109	337	937
2008	°DG	99	100	256	176	699	1.330
	ETr	188	79	176	109	407	959

Cantidad de agua aplicada y producción

Los volúmenes de agua de riego aplicados variaron entre los 3.126 m³/ha a 4.941 m³/ha, 3.634 m³/ha a 4.795 m³/ha y 3.147 m³/ha y 4.995 m³/ha para las temporadas 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009 respectivamente; produciendo ahorros de agua con respecto al control de entre un 2,2% para el tratamiento 100-100 a un 37,0% para el tratamiento 30-60. Las cantidades de agua de riego aplicadas durante el proceso de inicio de endurecimiento de carozo (IEC) y fin endurecimiento de carozo (FEC) oscilaron entre 167 m³ ha⁻¹ (tratamiento 30-60, temporada 2006-2007) y 762 m³ ha⁻¹ (tratamiento riego agricultor, temporada 2007-2008) (Cuadro 5.4). Grattan *et al.* (2006) en California con el cv. Arbequina con 1.700 árboles/ha repuso desde 15 al 107 % de la ETc resultando en volúmenes de agua que variaron de 570 m³ ha⁻¹ hasta aproximadamente 6.000 m³ ha⁻¹. En España Tovar *et al.* (2001) y Girona *et al.* (2002) reportaron consumos de aproximadamente 3.000 m³ ha⁻¹ para olivos del cv. Arbequina con una densidad de plantación de 417 olivos/ha.

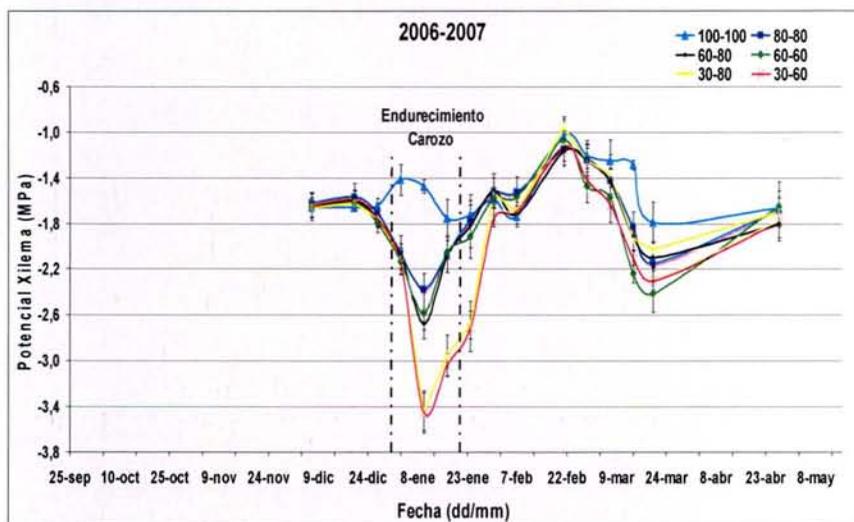
Cuadro 5.4. Caudal aplicado por tratamiento ($m^3 ha^{-1}$) al cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, VII región.

Temporada	Período Fenológico	100-100	80-80	60-80	60-60	30-80	30-60
		$m^3 ha^{-1}$					
2006	Brotación-Floración	0	0	0	0	0	0
2007	Floración-Cuaja	400	400	400	400	400	400
	Cuaja-IEC	1.334	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
	IEC-FEC	467	400	300	300	167	167
	FEC-Cosecha	2.739	2.055	2.055	1.558	2055	1.558
	Total	4.941	3.856	3.756	3.259	3.623	3.126
	Ahorro	0,0%	21,9%	24,0%	34,0%	26,7%	36,7%

Temporada	Período Fenológico	R. Agricultor	100-100	80-80	60-80	60-60	30-60
		m^3/ha					
2007	Brotación-Floración	849	849	849	849	849	849
2008	Floración-Cuaja	350	350	350	350	350	350
	Cuaja-IEC	824	824	824	824	824	824
	IEC-FEC	762	749	637	487	487	262
	FEC-Cosecha	2010	1823	1499	1499	1349	1349
	Total	4.795	4.595	4.158	4.008	3.859	3.634
	Ahorro	0,0%	4,2%	13,3%	16,4%	19,5%	24,2%
2008	Brotación-Floración	512	512	512	512	512	512
2009	Floración-Cuaja	200	200	200	200	200	200
	Cuaja-IEC	549	549	549	549	549	549
	IEC-FEC	674	674	637	487	487	250
	FEC-Cosecha	3.059	2.949	2.148	2.148	1.698	1.636
	Total	4.995	4.884	4.046	3.896	3.447	3.147
	Ahorro	0,0%	2,2%	19,0%	22,0%	31,0%	37,0%

El potencial del xilema al mediodía (ψ_{md} , MPa) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos hasta el período de cuaja en las tres temporadas, ya que el inicio de la diferenciación de los tratamientos de riego fue posterior a esta etapa fenológica (Cuadro 5.5). Por otro lado, los distintos niveles de agua aplicada en las tres temporadas se reflejaron en diferencias significativas en las mediciones de ψ_{md} realizadas en el período de

endurecimiento de carozo, donde aquellas plantas en que se repuso el 30% ETreal, presentaron los ψ_{md} más bajos, con valores promedios entre -2,87 y -2,69MPa en la primera y segunda temporada respectivamente, mientras que en la última temporada el valor fue de -2,72MPa. El control de cada temporada mantuvo valores que fluctuaron entre -1,55MPa hasta -1,89MPa para el periodo de endurecimiento del carozo (Figura 5.6). Desde comienzos de febrero hasta previo a cosecha los potenciales del xilema del tratamiento control para la primera y segunda temporada alcanzaron un máximo de -1,79MPa (Marzo 2007) y -1,82MPa (abril 2008) respectivamente, sólo durante la tercera temporada presentó un mayor nivel de estrés ya que durante dicho periodo llegó a alcanzar valores de -2,65MPa en el mes de marzo por problemas con los equipos de riego. Los tratamientos donde se repuso el 60% y 80% ETreal durante endurecimiento de carozo presentaron valores promedios de -1,96 (tratamiento 80-80 última temporada) y -2,28MPa (tratamiento 60-80 primera temporada) respectivamente. Grattan *et al.* (2006) encontró potenciales en el tratamiento menos regado (28% ETreal) de -4,1MPa, mientras que los tratamientos que recibieron entre 90 y 140% de la ETreal en los periodos de máxima demanda presentaron valores que fluctuaron entre -1,0 y -1,6MPa aproximadamente, resultados similares obtuvieron Berenguer *et al.* (2004) y Alegre *et al.* (2002) donde en sus tratamientos menos regados los potenciales alcanzaron valores de -3,5 y -3,3MPa respectivamente.



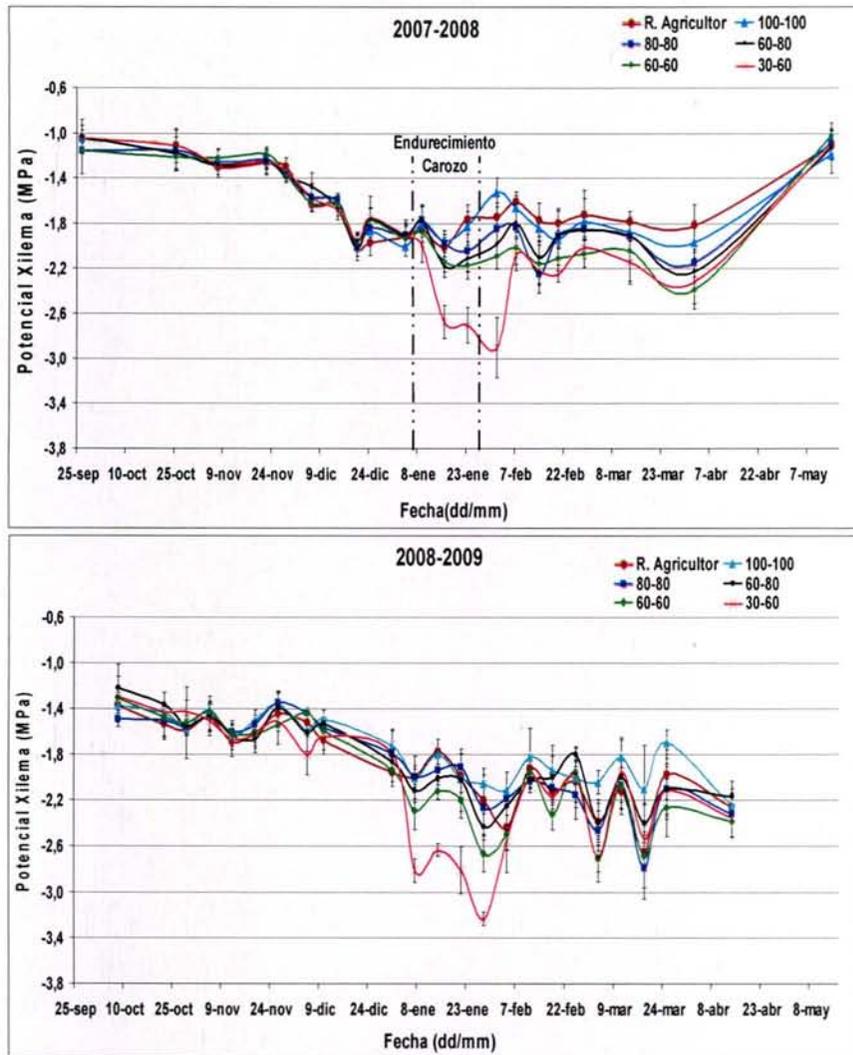


Figura 5.6. Evolución del potencial hídrico del xilema al mediodía (ψ_{md}) cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

Cuadro 5.5. Potencial hídrico del xilema al mediodía (ψ_{md}) en floración, cuaja, endurecimiento de carozo y un mes antes de cosecha, cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

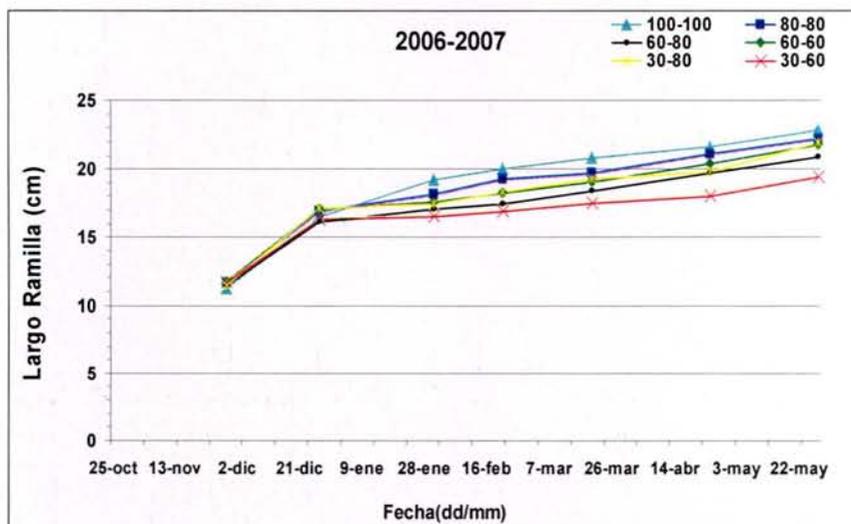
Temporada	Reposición Hídrica (% ETreal)	Floración	Cuaja	Endurecimiento de carozo (EC)	Un mes antes de cosecha
2006	100-100		-1,66	-1,55 a	-1,67
2007	80-80		-1,62	-2,17 b	-1,68
	60-80		-1,64	-2,28 b	-1,80
2008	60-60		-1,65	-2,26 b	-1,65
	30-80		-1,66	-2,83 c	-1,70
	30-60		-1,63	-2,87 c	-1,78
	Significancia ^{z,y}		n.s.	**	n.s.
2007	R. Agricultor	-1,30	-1,63	-1,89 a	-1,10
	2008	100-100	-1,25	-1,55	-1,89 a
2008	80-80	-1,27	-1,57	-2,00 ab	-1,08
	60-80	-1,28	-1,48	-2,14 b	-1,13
	60-60	-1,22	-1,62	-2,15 b	-1,03
	30-60	-1,27	-1,57	-2,69 c	-1,10
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	**	n.s.
2008	R. Agricultor	-1,48	-1,62	-1,88 a	-2,26
	2009	100-100	-1,40	-1,50	-1,90 a
2009	80-80	-1,48	-1,53	-1,96 ab	-2,32
	60-80	-1,47	-1,67	-2,06 b	-2,17
	60-60	-1,43	-1,62	-2,20 c	-2,38
	30-60	-1,50	-1,62	-2,72 d	-2,35
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	**	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple HSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

El volumen de agua aplicada a los distintos tratamientos no se tradujo en diferencias significativas en el largo de las ramillas durante las tres temporadas. Este parámetro mostró una gran variabilidad en el crecimiento, resultados similares a los relatados por Rubio *et al.* (2007) en el cv. Arbequina, este investigador encontró ramillas con longitudes mayores y al mismo tiempo, unas ramillas que nunca crecieron o crecieron poco.

Otros autores como Berenguer *et al.* (2004), encontró diferencias significativas en el largo de ramillas al aplicar diferentes niveles de riego (15 al 107% ET_{real}) en el cv. Arbequina, concluyendo que el volumen de agua aplicada tiene influencia en el crecimiento de las ramillas, lo mismo menciona Wahbi *et al.* (2005) pero en un cultivar distinto. El no encontrar diferencias estadísticamente significativas para el largo de ramillas se debería a que en el momento en que las ramillas tienen un crecimiento más rápido (noviembre-diciembre), los árboles no estaban bajo restricción hídrica alguna. Además otro factor podría ser que la máxima restricción hídrica (30% ET_{real}) solo se mantuvo unos pocos días y por lo tanto en términos concretos, nunca alcanzó un nivel de estrés hídrico tal como para provocar diferencias entre los tratamientos.

Se puede observar que para todos los tratamientos y todas las temporadas el crecimiento de las ramillas presento una tendencia similar, un crecimiento rápido entre noviembre y diciembre para luego estabilizarse durante el resto de la temporada. (Figura 5.7)



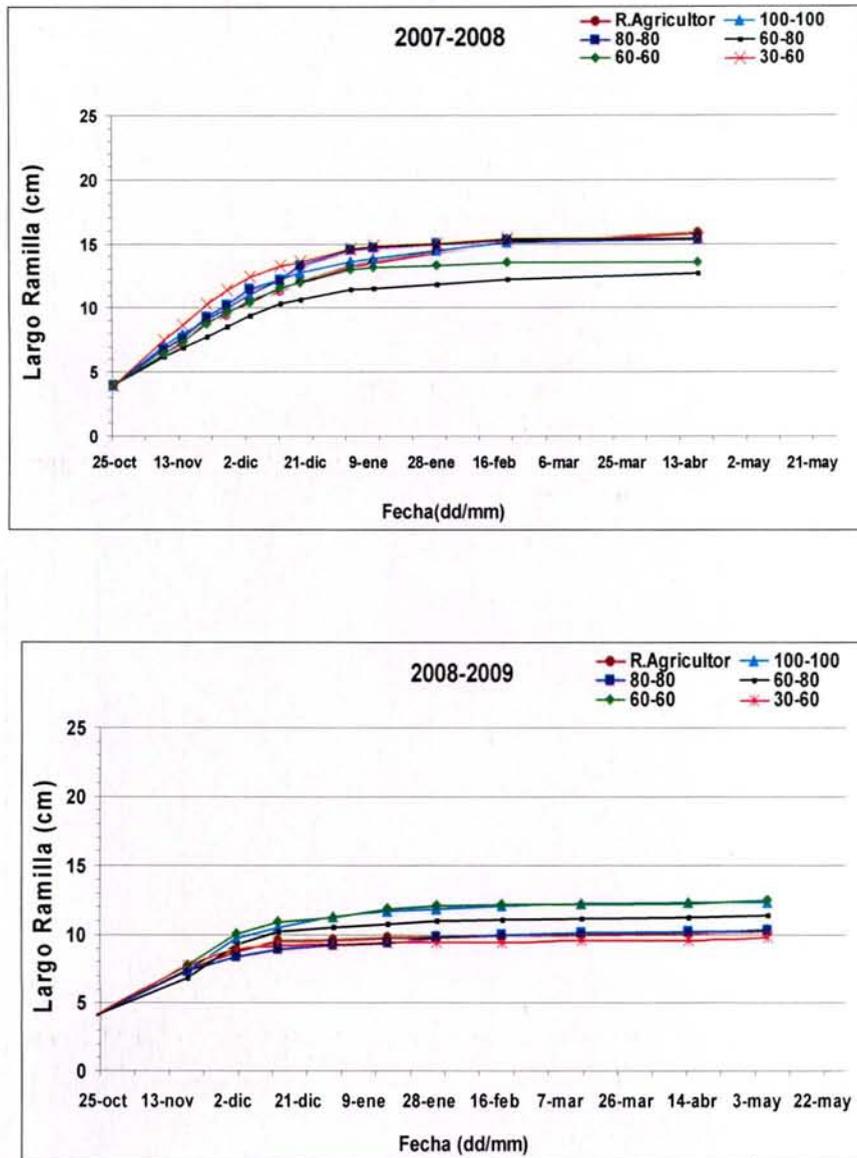


Figura 5.7. Evolución del largo de ramillas en las temporadas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009. Temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Penciahue, Región del Maule.

Analisis de fruta

Los resultados en el Cuadro 5.6, muestran los efectos de los tratamientos de riego en el crecimiento de la fruta durante las tres temporadas, con respecto al peso del fruto, peso de pulpa, peso carozo, relación pulpa/carozo e índice de madurez, donde en cada una de las temporadas se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables

anteriormente mencionadas, excepto para la relación pulpa/carozo en la segunda temporada y diámetro ecuatorial en la ultima temporada. La primera y tercera temporada el mayor peso de fruta correspondió al tratamiento 100-100, con un valor de 1,54g en la primera el cual fue diferente estadísticamente del resto de los tratamientos. En la tercera temporada se presentó con un valor de 1,84g el que no fue diferente de los tratamientos 60-80 y 60-60 pero si del resto de los tratamientos. El menor valor se observó en el tratamiento 30-60 con un valor de 1,30g y 1,61g durante la primera y tercera temporada respectivamente. Lo observado en el tratamiento 30-60 concuerda con lo descrito por Alegre *et al.* (1999) el cual encontró una disminución en el peso medio de la fruta en el cv Arbequina cuando se repuso el 25 % de ETreal. Proietti *et al.* (1996) menciona que en sus ensayos la diferencia en el peso se debió sobre todo al contenido de agua en la fruta. El peso medio de pulpa presentó diferencias significativas entre los tratamientos en las tres temporadas. De las tres temporadas la última presentó los valores mas altos con 1,56g en los tratamientos 100-100 y 80-80, estos no fueron diferentes del riego agricultor y 60-60, pero si del resto de los tratamientos, donde el menor valor se obtuvo en el tratamiento 30-60 con 0,98g en la primera temporada. D'andria *et al.* (2004) menciona que al incrementar el agua de riego se aumenta el desarrollo de pulpa en las frutas en todos los cultivares, contrario a los resultados de esta investigación donde tratamientos con algún grado de restricción hídrica no se diferenciación estadísticamente de los tratamientos mas regados. La relación pulpa/carozo mostró diferencias significativas entre los tratamientos en la primera y tercera temporada, la mayor relación pulpa/carozo se obtuvo en la última temporada con valores promedios superiores a 4,52 (tratamiento 30-60) hasta 4,95 (tratamiento 60-60), mientras que en la primera y segunda temporada los valores variaron entre 2,83 y 3,28. El índice de madurez presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de riego en todas las temporadas, pero no es posible afirmar que los tratamientos con estrés producen un aumento en la maduración, ya que este factor no presentó una tendencia clara atribuible al nivel de riego, este resultado concuerda con lo descrito por Proietti *et al.* (1996) y Gómez-Rico *et al.* (2007) los cuales no encontraron evidencias significativas de que un mayor estrés adelante la madurez. Esto contrasta con lo descrito por Motilva *et al.* (2000) y Alegre *et al.* (2002) los cuales describen un adelanto en la madurez a medida que se incrementaba el nivel de estrés hídrico.

Cuadro 5.6. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre el peso total, peso de pulpa, peso carozo, relación pulpa carozo, índice de color y diámetros, cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

Temporada	Reposición Hídrica	Peso Total (g)	Peso Pulpa (g)	Peso carozo (g)	Relación Pulpa /carozo	Índice madurez	D. Ecuatorial (mm)	D. Longitudinal (mm)
2006 2007	100-100	1,54 a	1,15 a	0,39 a	2,95 b	2,38 b	12,49 a	14,17 a
	80-80	1,42 b	1,07 ab	0,35 b	3,08 ab	2,13 bc	12,35 a	13,72 b
	60-80	1,36 bc	1,03 bc	0,33 cd	3,20 a	2,99 a	11,94 bc	13,28 cd
	60-60	1,41 b	1,08 ab	0,33 cd	3,28 a	2,16 bc	12,28 a	13,83 b
	30-80	1,43 b	1,09 ab	0,34 bc	3,22 a	2,76 a	12,26 ab	13,60 bc
	30-60	1,30 c	0,98 c	0,32 d	3,09 ab	2,01 c	11,81 c	13,21 d
	Significancia ^z _y	**	**	**	*	**	**	**
2007 2008	R. Agricultor	1,99 a	1,45 a	0,53 a	2,77	2,11 bc	13,50 ab	15,84 a
	100-100	1,86 b	1,37 abc	0,48 b	2,87	2,13 bc	13,28 b	15,35 bc
	80-80	1,83 b	1,35 c	0,47 bc	2,87	2,25 b	13,71 a	15,71 a
	60-80	1,92 ab	1,43 ab	0,49 b	2,97	2,02 c	13,50 ab	15,63 ab
	60-60	1,73 c	1,27 d	0,46 c	2,84	2,28 ab	13,31 b	15,09 c
	30-60	1,85 b	1,35 bc	0,50 b	2,83	2,51 a	13,66 a	15,77 a
	Significancia ^z _y	**	**	**	n.s.	**	**	**
2008 2009	R. Agricultor	1,79 b	1,51 ab	0,31 cd	4,93 a	2,65 a	12,18 d	14,64
	100-100	1,84 a	1,56 a	0,32 a	4,81 ab	2,17 d	12,74 a	14,8
	80-80	1,72 c	1,56 a	0,32 ab	4,83 a	2,42 bc	12,30 cd	14,45
	60-80	1,81 ab	1,43 bc	0,32 ab	4,74 bc	2,59 ab	12,52 ab	14,62
	60-60	1,83 ab	1,49 abc	0,30 d	4,95 a	2,66 a	12,42 bc	14,55
	30-60	1,61 d	1,42 c	0,31 bc	4,52 c	2,40 c	12,26 cd	14,56
	Significancia ^z _y	**	*	**	*	**	**	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple HSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En cuanto a la producción de fruta se encontraron diferencias altamente significativas en todas las temporadas, durante la primera se registraron los rendimientos más bajos de las tres temporadas con producciones que estuvieron en el rango de los 15,2 kg/árbol (tratamiento 30-60) hasta 17,9 kg/árbol en el tratamiento 100-100. En la segunda y tercera temporada los

rendimientos se incrementaron de forma importante llegando a un máximo de 30,84 kg/árbol, en la tercera temporada en el tratamiento 100-100. Tendencia similar se encontró para la producción de fruta por hectárea. Los tratamientos intermedios 60-80 o 60-60 durante la segunda y tercera temporada no se diferenciaron en producción del control o del tratamiento 100-100, mientras en la primera temporada el tratamiento 100-100 presentó diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos. Alegre *et al.* (2002) y Pérez-López *et al.* (2007) no encontraron diferencias significativas en producción de fruta entre árboles que recibieron el 50% y 75% de la ETreal.

La mayor eficiencia del uso de agua expresada como kilogramos de fruta por metro cúbico de agua de riego mostró diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento 60-60 en la primera y tercera temporada alcanzó la mayor eficiencia con valores de 2,80 y 4,95 kg fruta/m³ respectivamente, mientras en la segunda temporada la mayor eficiencia la obtuvo el tratamiento menos regado (30-60) con un valor de 4,35 kg fruta/m³ el cual presentó diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos. (Cuadro 5.7).

Cuadro 5.7. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre la producción de fruta, cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Penciahue, Región del Maule.

Temporada	Tratamiento	Kg. Fruta /árbol	Kg. Fruta/ ha	Eficiencia uso agua (Kg. fruta/m ³)
2006	100-100	17,9 a	9934 a	2,01 d
2007	80-80	16,5 b	9167 b	2,38 c
	60-80	15,8 bc	8761 bc	2,33 c
	60-60	16,5 b	9142 b	2,80 a
	30-80	16,7 b	9243 b	2,55 b
	30-60	15,2 c	8424 c	2,69 ab
	Significancia ^{z,y}	**	**	**
2007	R. Agricultor	30,5 a	16952 a	3,54 d
2008	100-100	28,5 b	15838 b	3,45 d
	80-80	28,1 b	15584 b	3,75 c
	60-80	29,5 ab	16395 ab	4,09 b
	60-60	26,5 c	14729 c	3,82 c
	30-60	28,5 b	15804 b	4,35 a
	Significancia ^{z,y}	**	**	**
2008	R. Agricultor	30,03 b	16668 b	3,34 f
2009	100-100	30,84 a	17114 a	3,50 e
	80-80	28,87 c	16024 c	3,96 d
	60-80	30,35 ab	16844 ab	4,32 c
	60-60	30,72 ab	17047 ab	4,95 a
	30-60	27,07 d	15025 d	4,77 b
	Significancia ^{z,y}	**	**	**

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple HSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En cuanto al contenido de aceite de la fruta en peso fresco (PF) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las tres temporadas. Generalmente los mayores porcentaje de aceite, se presentaron en los tratamientos con algún grado de restricción hídrica. Usualmente los tratamientos mas regados presentaron un mayor contenido de humedad en el fruto, lo que concuerda con lo descrito por algunos autores que mencionan que con aumentos en el riego el contenido de agua en la pulpa aumenta (Proietti *et al.* 1996, Ismail *et al.* 1999). El porcentaje de humedad en el fruto no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en las tres temporadas. Alegre *et al.* (2002) y Grattan *et*

al. (2006) mencionan que un menor contenido de humedad favorece la extracción del aceite al momento de procesar la fruta. Con los datos obtenidos de Kilogramos por árbol y porcentaje de aceite en base peso fresco se determinó la producción de aceite por hectárea, la cual presentó diferencias significativas durante las tres temporadas, donde los tratamientos menos regados (60-60, 30-60) no produjeron disminuciones importantes en producción o incluso superaron la producción del tratamiento mas regado. La eficiencia del uso del agua es un punto importante a tener en cuenta, entre los tratamientos la mayor y menor eficiencia (kg aceite/m³ de agua de riego), correspondió al tratamiento 30-60 y 100-100, con valores de 1,15 y 0,49 Kg aceite/m³ respectivamente, durante la tercera y primera temporada respectivamente. (Cuadro 5.8)

Cuadro 5.8. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre la producción de aceite (rendimiento graso), humedad de fruto y contenido de aceite, en olivos, cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

Temporada	Tratamiento	% aceite Peso Fresco	% Humedad	Kg aceite/ árbol	Kg aceite/ Ha	Eficiencia uso agua (Kg aceite/m ³)
2006 2007	100-100	24,33	50,34 a	4,36 a	2.417 a	0,49 d
	80-80	25,97	50,40 a	4,29 a	2.380 a	0,62 c
	60-60	26,57	48,03 ab	4,38 a	2.429 a	0,75 a
	30-60	25,17	48,07 ab	3,82 b	2.120 b	0,68 b
	Significancia ^z y	n.s.	n.s.	**	**	**
2007 2008	100-100	21,97	67,43	6,28 ab	3.487 ab	0,76 c
	80-80	21,37	66,77	6,01 bc	3.333 bc	0,80 bc
	60-60	21,47	65,83	5,74 c	3.187 c	0,83 b
	30-60	22,43	65,37	6,37 a	3.535 a	0,97 a
	Significancia ^z y	n.s.	n.s.	**	**	**
2008 2009	100-100	22,23	64,12	6,88 b	3.818 b	0,78 c
	80-80	20,61	64,96	5,94 d	3.297 d	0,81 b
	60-60	23,26	62,17	7,08 a	3.929 a	1,14 a
	30-60	21,27	64,58	6,49 c	3.604 c	1,15 a
	Significancia ^z y	n.s.	n.s.	**	**	**

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple HSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

Análisis de Aceite

Para realizar el análisis de las características químicas del aceite se seleccionaron cuatro de los seis tratamientos, para arbequina los tratamientos seleccionados fueron 100-100, 80-80, 60-60 y 30-60. No se encontraron diferencias significativas para la acidez, índice peróxidos, K_{270} y K_{232} , sólo los polifenoles presentaron diferencias significativas entre los tratamientos durante la segunda temporada, donde el tratamiento menos regado fue el que mostró la mayor cantidad de polifenoles. En todas las temporadas la acidez varió entre 0,08% y 0,14%. El índice de peróxidos durante las tres temporadas no superó los $4,23 \text{ meqO}_2 \text{ kg}^{-1}$, valores muy por debajo del límite, de acuerdo a la norma del COI (Consejo

Oleícola Internacional) para clasificar los aceites de oliva de alta calidad. Estos parámetros de calidad no muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de acuerdo al nivel de riego. Esto concuerda con lo mencionado por Tovar *et al.* (2002) quien señala que en el cultivar arbequina el riego no afectó aquellos parámetros usados como criterios para clasificar el aceite de oliva en sus grados comerciales; respuestas similares señalan D'andria *et al.* (2004) y Wahbi *et al.* (2005) en otros cultivares. Los aceites analizados se encuentran dentro de los valores aceptados por el COI (Consejo Oleícola Internacional) para ser clasificados como aceite de oliva "extra virgen", cuyos valores máximos permitidos por categoría son 0,8% de acidez libre, y menos de 20 meqO₂/kg para Índice de Peróxidos, el resto de las variables debe cumplir con valores inferiores a 2,50 para K232, inferior a 0,22 para K270 y ΔK no superior a 0,01.

Los polifenoles son los compuestos responsables de la capacidad antioxidante del aceite y tiene estrecha relación con la vida útil y estabilidad del producto. Varios autores mencionan que el contenido de polifenoles se ve directamente afectado con el nivel de riego (Gómez-Rico *et al.*, 2007, Berenguer *et al.*, 2006, D'andria *et al.*, 2004, Motilva *et al.*, 2002). En este ensayo y con los niveles de riego aplicados, el contenido de polifenoles presentó diferencias significativas entre los tratamientos sólo durante la segunda temporada. El contenido de polifenoles totales para todos los tratamientos estuvo en promedio sobre los 315 ppm hasta los 476 ppm (Cuadro 5.9), valor superior a lo descrito por Torres *et al.* (2006) y Pardo *et al.* (2007) quienes mencionan valores para el cv. Arbequina de 223 ppm y 244 ppm respectivamente. Para el contenido de polifenoles totales no existe una norma de valores mínimos o máximos, pero es conocido que a mayor contenido de estos compuestos, el aceite presenta una mayor capacidad antioxidante y estabilidad.

Cuadro 5.9. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre Acidez, Índice de peróxidos, K_{270} , K_{232} y polifenoles en olivos, cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Pencahue, Región del Maule.

Temporada	Tratamiento	Acidez (% ac. Oleico)	Índice de peróxidos (meq O_2 /Kg)	K_{270}	K_{232}	ΔK	Polifenoles (ppm ac. cafeico)
2006	100-100	0,12	3,03	0,11	1,46	0,0003	315,03
2007	80-80	0,14	2,59	0,12	1,48	-0,0027	333,83
	60-60	0,13	3,67	0,11	1,48	-0,0103	319,1
	30-60	0,14	2,49	0,12	1,44	-0,002	338,57
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2007 2008	100-100	0,1	3,76	0,11	1,5	-0,0033	391,63 b
	80-80	0,11	3,49	0,11	1,52	-0,0027	368,29 b
	60-60	0,11	3,38	0,11	1,51	-0,0033	434,33 ab
	30-60	0,12	2,84	0,11	1,54	-0,003	476,86 a
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
2008 2009	100-100	0,08	4,23	0,11	1,47	-0,0037	415,52
	80-80	0,09	4,17	0,12	1,64	-0,0043	403,69
	60-60	0,09	3,91	0,11	1,5	-0,0047	398,61
	30-60	0,08	4,02	0,12	1,67	-0,0047	440,87
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

El perfil de ácidos grasos del cultivar Arbequina fue estudiado, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos. Lo anteriormente mencionados coincide con Berenguer *et al.* (2006) y Tovar (2001) que en el mismo cultivar y otros autores (Patumi *et al.*, 1999; Magliulo *et al.*, 2003; Gucci *et al.*, 2004, D'andria *et al.*, 2002) en cultivares diferentes, señalan que la composición ácido graso no es afectada por diferentes niveles de riego.

El análisis del contenido ácido graso se utiliza principalmente para identificar alteraciones en el aceite, al utilizar mezclas incorrectas, con aceites de otra procedencia o mezclas de aceite de oliva refinado, con el aceite de oliva extra virgen.

En cuanto al ácido oleico, ácido graso monoinsaturado y principal componente del aceite de oliva, los valores variaron entre 73,27% (tratamiento 100-100, temporada 1) a 69,4%

(tratamiento 30-60, temporada 3) (Cuadro 5.10) pero como ya se mencionó anteriormente las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas. Es importante señalar que el promedio de dichos valores de ácido oleico se encuentran sobre valores esperados para esta variedad, Berenguer *et al.* (2006) en el cv. Arbequina en California (USA), Torres *et al.* (2006) en Córdoba (Argentina) y Morelló *et al.* (2003) en Cataluña (España), quienes mencionan valores de ácido oleico de 69,4%, 61,3% y 71,7%, respectivamente. El ácido palmítico, es un ácido graso saturado, que proporciona estabilidad a los aceites, y junto al ácido oleico y los polifenoles conducen a una mayor duración de este. El nivel del ácido palmítico en este ensayo está dentro del rango de valores de 13,13 a 16,00 % señalados por varios autores (Pardo *et al.*, 2007; Berenguer *et al.*, 2006; Gimeno *et al.*, 2002; Tovar 2001), en el mismo cultivar.

Los ácidos grasos linoleico y linolénico, a pesar de sus ventajas alimenticias, son ambos susceptibles a la oxidación ya que son ricos en enlaces no saturados. En la presente investigación durante las tres temporadas los ácidos linoleico y linolénico presentaron valores entre 7,60% y 10,77% para ac. linoleico y de 0,25% a 0,60% para ac. linolénico (Cuadro 5.10). Torres *et al.* (2006) registró valores de 15,8% y 0,7% para los ácidos linoleico y linolénico respectivamente, en el cultivar arbequina en Córdoba, Argentina.

Cuadro 5.10. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre la composición ácido graso en el cv. Arbequina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Penciahue, Región del Maule.

Temporada	Tratamiento	Ac.	Ac.	Ac.	Ac.	Ac.	Ac.	Ac.	Ac.
		Palmítico	almitoleico	Margárico	Margaroleico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
2006 2007	100-100	13,78	1,21	0,12	0,27	1,66	72,49	8,94	0,33 a
	80-80	14,03	1,26	0,12	0,27	1,62	72,63	8,77	0,29 bc
	60-60	14,23	1,24	0,12	0,29	1,59	72,83	8,59	0,25 c
	30-60	14,11	1,21	0,13	0,29	1,80	72,35	8,75	0,31 ab
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**
2007 2008	100-100	14,07	1,33	0,17	0,33	1,90	73,27	7,60	0,57
	80-80	14,30	1,27	0,23	0,37	2,03	72,67	7,87	0,47
	60-60	14,40	1,43	0,33	0,37	2,07	72,27	7,93	0,53
	30-60	14,17	1,30	0,33	0,30	2,17	72,40	7,93	0,53
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2008 2009	100-100	15,17	1,40	0,17	0,30	1,83	69,93	10,27	0,57
	80-80	15,27	1,33	0,20	0,30	1,80	69,60	10,53	0,53
	60-60	15,17	1,33	0,23	0,30	2,00	69,43	10,63	0,57
	30-60	15,00	1,30	0,20	0,37	2,00	69,40	10,77	0,60
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

5.4. Conclusiones

Los volúmenes de agua de riego aplicados en los diferentes tratamientos con restricción hídrica durante las tres temporadas produjeron ahorros de agua con respecto al control de entre un 2,2% a un 37,0% para el tratamiento 100-100 y 30-60 respectivamente, mientras que el tratamiento recomendado (60-60) alcanzó un ahorro mínimo y máximo de 19,5% y 34% respectivamente dependiendo de las condiciones ambientales de cada temporada.

El presente estudio indica que la cantidad de agua aplicada tiene una influencia significativa en el potencial del xilema al mediodía (ψ_{md} , MPa), ya que éste disminuyó a medida que el nivel de riego bajaba. El nivel de riego no influyó significativamente en el largo de las ramillas.

La cantidad de agua de riego aplicada tuvo efectos significativos en el peso del fruto, peso de pulpa e índice de color para las tres temporadas. El mayor peso total y peso pulpa correspondió a los tratamientos mas regados (100-100, R. agricultor). El índice de madurez a pesar de mostrar diferencias significativas entre los tratamientos este no aumentó a medida que se recortaba el agua por lo tanto en las condiciones de este ensayo no es posible afirmar que el nivel de riego tuviese una incidencia clara en el nivel de madurez de la fruta.

Los tratamientos de riego intermedios (60-80 o 60-60) surgen como aquellos que son óptimos en estas condiciones experimentales, y la reposición completa de la ETreal no produjo aumentos significativos en producción de fruta por hectárea, de acuerdo a los cálculos y análisis realizados.

Los componentes de calidad y la composición ácido graso no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos durante las tres temporadas. Los aceites de cada tratamiento se encuentran dentro de los valores aceptados por el COI (Consejo Oleícola Internacional) para ser clasificados como aceite de oliva “extra virgen”.

De acuerdo a la información recopilada y los análisis realizados se concluye que es posible reducir las cantidades de agua de riego en olivos (*Olea europea*) cv. Arbequina, durante un período dado con una limitada consecuencia en rendimiento de fruta y rendimiento graso.

En consecuencia, los tratamientos de riego intermedios (60-80% o 60-60%) surgen como las mejores alternativas en estas condiciones experimentales, es decir, se recomienda el uso

del coeficiente de cultivo de 0,4 a partir del endurecimiento de carozo hasta cosecha con lo que se lograrían potenciales hídricos no menores de -2,2MPa durante este período.

5.5. Bibliografía

Alegre, S., Girona, J., Marsal, J., Arbones, A., Mata, M., Montagut, D., Teixido, F, Moltiva, M. and Romero, M. 1999. Regulated deficit irrigation in olive trees. *Acta Horticulturae*, 474, 373-6.

Alegre, S., Marsal, J., Mata, M., Arbones, A., Girona J., and Tovar, M. 2002. Regulated deficit irrigation in olive trees (*Olea europaea* L. cv 'Arberquina') for oil production. *Acta Hort.* 586: 259-262.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrig. and Drain. Paper N°56, FAO, Roma.

Beltrán G., Uceda M., Hermoso, M. y Frías L., 2008. Maduración. pp. 169-171. In: Barranco, D., Fernández- Escobar R. y Rallo, L. (Ed). El cultivo del olivo. 4ª ed. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España. 834 p.

Berenguer, M., Grattan, S., Connell, J., Polito, V. and Vossen, P. 2004. Irrigation management to optimize olive growth, production and sensorial oil quality. *Acta Hort.* (ISHS) 664: 79-85.

Berenguer M., Vossen P., Grattan S., Connell J. and Polito V. 2006. Tree irrigation level for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Hortscience* 41(2): 427-432.

Commission Regulation (EC) no. 1989/2003, 6 November 2003. Amending Regulation (EEC) no. 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive pomace oil and on the relevant methods of analysis. *Offic. J. Eur. Union* L295, 57-77.

Costagli, G., Gucci, R. and Rapoport, H. 2003. Growth and development of fruits of olive 'Frantoio' under irrigated and rainfed conditions. *Jour. Hort. Sci. And Biotech.*

D'andria R., Lavini A., Morelli G., Patumi M., Terenziani S., Calandrelli D. and Fragnito F., 2004. Effects of water regimes on five pickling and double aptitude olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 79 (1), 18-25.

Faci J., Berenguer M., Espada J. and Gracia S. 2002. Effect of variable water irrigation supply in olive (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina in Aragon (Spain). II. Extra virgin oil quality parameters. *Acta Hort. (ISHS)* 586: 649-652.

Girona J., Luna M., Arbonés A., Mata M., Rufat J., and Marsal J. 2002. Young olive trees responses (*Olea europaea*, cv. 'Arbequina') to different water supplies. Water function determination. *Acta Hort. (ISHS)* 586: 277-280.

Goldhamer D., Dunai, J. and Ferguson, L. 1994. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Hort.* 356: 172-175.

Goldhamer, D. 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. *Acta Hort.* 474: 369-372.

Gomez-Rico, A., Salvador, M., Moriana, A., Perez, D., Olmedilla, N., Ribos, F. and Fregapane, G. 2007. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. Olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chem.* 100, 568-578.

Gucci, R., Servili, M., Esposito, S. and Selvaggini, R. 2004. Oil quality of olive cv. 'Leccino' grown under irrigated or dry-farmed conditions. *Acta Hort. (ISHS)* 664:297-302.

Grattan, S., Berenguer, M., Connell, J., Polito, V., Vossen, P. 2006. Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agric. Water Manage.* 85, 133-140.

Lavee S. and Wodner M. 2004. The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europaea*), cvs. Barnea and Manzanillo. *Scientia Horticulturae* 99, 267-277.

Magliulo, V., d'Andria, R., Lavini, A., Morelli, G. and Patumi, M. 2003. Yield and quality of two rainfed cultivars following shifting to irrigation. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 78, 15-23.

Meyer, W. and Reicosky, D. 1985. Enclosing leaves for water potential measurements and its effect on interpreting soil-induced water stress. *Agric. For. Meteorol.* 35: 187-192.

Michelakis, N. 1990. Yield response of table and oil olive varieties to different water use levels under drip irrigation. *Acta-Horticulturae* 286: 271-274.

Montedoro, G., Servili, M., Baldioli, M. and Miniati, E. 1992. Simple and hydrolyzable phenolic compounds in olive oil. 1. Their extraction, separation and quantitative and semiquantitative separation and evaluation by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 1992, 40, 1577-1583.

Motilva, M., Tovar M., Romero M., Alegre, S. and Girona, J. 2002. Evolution of oil accumulation and polyphenol content in fruits of olive tree (*Olea europaea* L.) Related to different irrigation strategies. *Acta Hort. (ISHS)* 586:345-348.

Motilva, M., Tovar M., Romero M., Alegre S. and Girona, J. 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 80, no. 14, 2037-2043.

Nuberg, I. and Yunusa, I. 2003. Olive water use and yield-monitoring the relationship. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. 03/048. RIRDC, Australia.

Orgaz, F. y Fereres, E. 1999. Riego. En: Barranco, D. 1999. *Cultivo del Olivo*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 267-288.

Pastor, M. y Orgaz, F. 1994. Riego deficitario del olivar: Los programas de recorte de riego en olivar. *Agricultura* no. 746: 768-776.

Pastor, M. 1999. Riego en olivar de aceituna de almazara en Andalucía. *Vida rural*, ISSN 1133-8938, Año nº 6, Nº 90, pags. 54-57.

Batumi, M., D'Andria, R., Marsilio, V., Fontanazza, G., Morelli, G. and Lanza, B. 2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chemistry*, 77, 27-34.

Pérez-López, D., Ribas, F., Moriana, A., Olmedilla, N. and de Juan, A. 2007. The effect of irrigation schedules on the water relations and growth of a young olive (*Olea europaea* L.) orchard. *Agricultural water management*, 89, 297-304.

Proietti, P. and Antognozzi, E. 1996. Effect of irrigation on fruit quality of table olives (*Olea europaea*) cultivar Ascolana tenera. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 24: 175-181.

Rallo, L., Torreño, P., Vargas, A. and Alvarado, J. 1994. Dormancy and alternate bearing in olive. *Acta Hort.* 356: 127-136.

Rubio, G., Rallo, L. y Rapoport, H. 2007. Crecimiento de Brotes y Yemas fructíferas de Olivo. XI Congreso SECH. Albacete 2007. *Actas de Horticultura* nº 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas.

Sibbett, S. 2002. Orchard management, *Aust. Olive Grower*, 29, 7-9.

Scholander, P., Hammer, H., Bradstreet, E. and Hemmingsen, E. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.

Tognetti, R., d'Andria R., Morelli G. and Alvino, A. 2005. The effect of deficit irrigation on seasonal variations of plant water use in *Olea europaea* L. *Plant and Soil* 273: 139-155.

Tovar, M. 2001. Estudio del efecto de la aplicación de diferentes Estrategias de riego al olivo (*Olea europaea* L.) de la variedad Arbequina sobre la composición del aceite. Lleida, Diciembre de 2001, tesis doctoral.

Tovar, M., Romero, M., Alegre, S., Girona, J. and Motilva, M. 2002. Composition and organoleptic characteristics of oil from Arbequina olive (*Olea europaea* L.) trees under deficit irrigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1755-1763.

Wahbi, S., Wakrim, R., Aganchich, B., Tahi, H. and Serraj, R. 2005. Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europea*) in field conditions under arid climate - I. Physiological and agronomic responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 289-301.

6. Ensayo Vid vinífera

6.1. Introducción

La industria vitivinícola es uno de los sectores agroindustriales que más dinamismo ha mostrado en los últimos 15 años. Nuevas plantaciones, mejoramiento de las cepas utilizadas y el uso de nuevas tecnologías, han repercutido significativamente en el incremento de la producción y exportación de los vinos chilenos. En este contexto, uno de los cultivares que hoy día se pretende sea el de mayor importancia y por el cual se identifique a Chile corresponde al Carménère.

Vitis vinifera cv. Carménère es originario de la región de Burdeos, Francia de donde desapareció a mediados del siglo XIX después de la plaga de filoxera. Este cultivar llega a Chile alrededor del año 1850. Durante mucho tiempo esta variedad fue confundida con el cv. Merlot, hasta que a mediados de los años 90, Jean Michel Boursiquot descubrió que la mayor parte del cv. Merlot cultivado en Chile era Carménère (Pszczolkowski, 2004).

Los vinos de este cultivar se caracterizan por poseer taninos más suaves que los de un Cabernet Sauvignon, diferenciándose del cv. Merlot por sus aromas y sabores vegetales, atributos comunes en vinos Carménère. Las notas vegetales en este cultivar como en otros están determinados por los compuestos aromáticos llamados metoxipirazinas (Roujou de

Boubée *et al* 2000,2002; Belancic & Agosin, 2007), la concentración de estos compuestos disminuye con la madurez (Sala *et al.* 2004), es así que un inadecuado manejo agronómico y una cosecha muy temprana en la temporada, incrementa notablemente la presencia de sabores herbáceos, bajando su calidad.

Un manejo agronómico que incide positivamente en la calidad del vino es la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC), que consiste en aportar menos agua que los requerimientos evapotranspirativos totales de la vid, durante diferentes etapas fenológicas del desarrollo anual (Bravdo *et al.*, 1997 y Dry *et al.*, 2001), pues un riego excesivo aumenta la expresión vegetativa de la vid, en desmedro de la calidad, incrementando el sombreamiento de los racimos, con un consecuente incremento de la acidez total y el pH del mosto, con una reducción significativa del color y de los fenoles totales en el vino. Sin embargo, el efecto final del déficit hídrico va a depender de su intensidad y del período fenológico en que se aplique, por lo que la falta de programación en su aplicación puede ocasionar un resultado poco exitoso.

Para poder cuantificar la respuesta de la planta a las diferentes estrategias de riego se utilizan índices fisiológicos como el potencial hídrico del xilema, el cual permite reflejar rápidamente el estado hídrico de una planta y relacionarlo con fines productivos. Para establecer el correcto valor de estos índices fisiológicos es fundamental el conocimiento del estado hídrico de la planta (Myburgh, 1996; VanZyl, 1987; Bogart, 2000), porque antes que las estrategias de manejo de riego lleguen a traducirse en variaciones en la calidad y/o rendimiento final, en la vid ocurren una serie de respuestas fisiológicas de adaptación a la sequía (Smart y Coombe, 1983). Estas adaptaciones se refieren a ajustes en el potencial hídrico, evapotranspiración y tasa fotosintética, afectando la repartición de carbohidratos hacia los frutos e incidiendo en los rendimientos y calidad de las uvas. Con esto, la calidad del vino puede ser asociada al tamaño de las bayas (relación cutícula/pulpa), acumulación de azúcares, acidez total, intensidad colorante, pigmentos totales, cantidad de antocianinas y taninos (Freeman, 1983; Cheynier *et al.*, 2000; Peynaud, 2000).

Por otro lado, la aplicación de una estrategia de RDC influye indirectamente la composición del vino a través de su efecto sobre el crecimiento del fruto, rendimiento, microclima del dosel y metabolismo de la fruta (Kliewer *et al.*, 1983; Smart *et al.*, 1985; Acevedo, 2004). Además, la sensibilidad del racimo a diferentes cargas de agua, es un

punto que debe ser estudiado exhaustivamente, de manera de asociar los resultados productivos a una correcta programación del riego y al uso más efectivo del agua. El éxito de estas estrategias de riego puede variar dependiendo de la ubicación del viñedo, pues depende de los diferentes climas de los sitios específicos y la interacción entre la variedad de vid, el tipo de suelo, las prácticas vitícolas y el diseño y programación del riego (Acevedo, 2004).

El objetivo de esta investigación es desarrollar un proceso productivo basado en la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) y desarrollo de índices fisiológicos para adelantar la fecha de cosecha y mejorar la calidad de las bayas en vides (*Vitis vinífera* L.) cv. Carménère.

6.2. Metodología y pauta de trabajo

El estudio se llevó a cabo en la Viña Calina, fundo El Maitén, en el valle de Maule, subvalle del Claro, Talca, Región del Maule, Chile (35°25'lat. Sur; 71°32'long. Oeste, 136 m.s.n.m.). Para esto se estableció una unidad experimental dentro de un viñedo cv. Carménère de 9 años de edad, plantado en dirección este-oeste. La unidad experimental tenía una superficie de 2,5 ha con una densidad de plantación de 2.525 plantas/ha (3,3 m entre hileras y 1,2 sobre hileras). Las vides estaban conducidas en doble cortina genovesa (DCG) (1,8 m de altura) y podadas en vara con 8 yemas más un pitón. Las vides se regaron por goteo (goteros 2 L/h, dos goteros por planta) con una frecuencia de riego determinada a partir de la evapotranspiración de la vid (ET_v). (Figura 6.1).

El clima del valle del Maule es de tipo mediterráneo con una temperatura estival promedio máxima y mínima de 31°C y 11°C, respectivamente. El régimen hídrico presenta una precipitación promedio anual de 676 mm, con un período seco de siete meses. El suelo presenta una textura franco arcillosa perteneciente a la serie Talca (familia Ulltic Haploxeralfs), de textura franca a franco arcillosa y color pardo muy oscuro a pardo oscuro en superficie; de textura arcillosa, color pardo rojizo en profundidad, donde la profundidad efectiva de raíces se concentra en los primeros 100 cm debido a la presencia de una estrata

libre de piedras que permite el crecimiento de raíces y la infiltración de agua a profundidades mayores. Para los primeros 60 cm de profundidad, la densidad aparente (D_a), capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) son 1,37 g/cm³, 24,9% y 14,3%, respectivamente (Laboratorio de suelos Universidad de Talca, 2005).



Figura 6.1. Sitio del ensayo, Sistema de riego y tipo de gotero.

Se realizaron mediciones del contenido volumétrico de agua en el suelo medidas a través de un TDR, (Trase System, Inc., California, USA). Las mediciones de humedad se realizaron de forma periódica durante todo el período de crecimiento de la vid, hasta la profundidad efectiva de las raíces (60 cm.) (Figura 6.2).

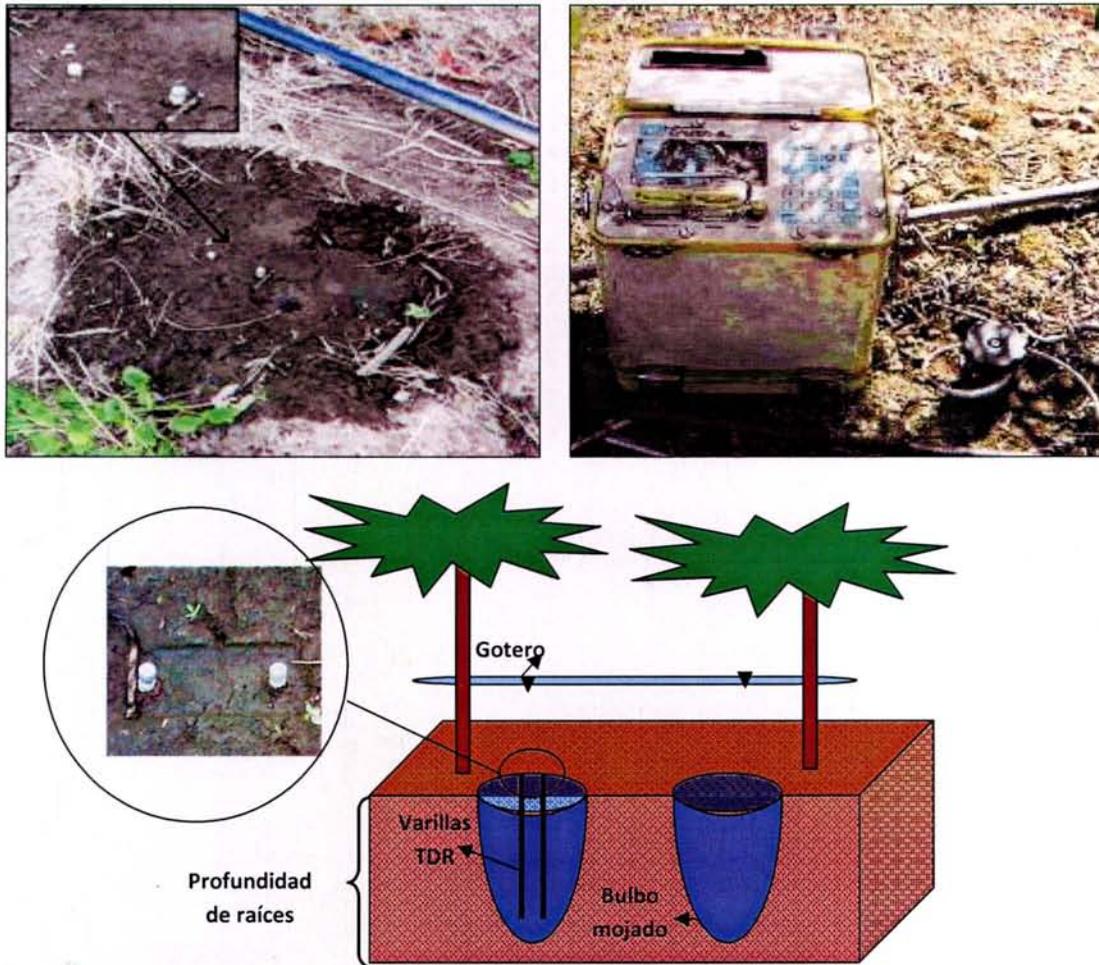


Figura 6.2. Instalación de Guías de TDR.

Para los primeros 60 cm. de profundidad, la densidad aparente (D_a), capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) son $1,37 \text{ g/cm}^3$, 24,9% y 14,3%, respectivamente (Laboratorio de suelos Universidad de Talca, 2005) (Figura 6.3).

Dentro de un cuartel comercial de la viña, se estableció un diseño experimental completamente al azar, donde se utilizaron 4 diferentes estrategias de riego, con 3 repeticiones cada uno, de acuerdo a como se muestra en el Cuadro 6.1.



Figura 6.3. Calicata en el sitio del ensayo.

Cuadro 6.1. Tratamientos de riego durante los períodos de cuaja a cosecha, cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII Región.

Tratamiento	Reposición Hídrica (%ETvid)	
	cuaja-pinta	Pinta cosecha
T0	Riego Agricultor	Riego Agricultor
T1	100	100
T2	40	70
T3	40	40

En cuanto al clima, se realizó una caracterización climática completa, mediante una Estación Meteorológica Automática (EMA) en referencia, instalada en la estación experimental de Panguilemo. (Figura 6.4 y 6.5).

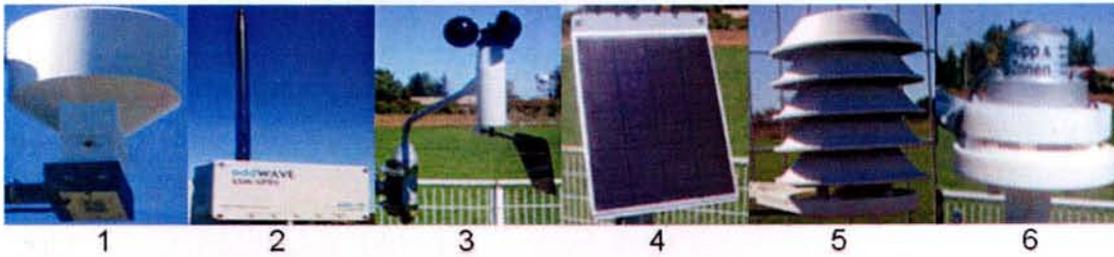


Figura 6.4. Instrumentos básicos de una estación meteorológica automática.

- 1.- Pluviómetro para captura de Precipitaciones
- 2.- Acumulador de datos, batería y transmisión mediante tarjeta SIM
- 3.- Anemómetro y Veleta, para medición de Velocidad y Dirección del Viento
- 4.- Panel solar, para carga de batería del acumulador de datos
- 5.- Conjunto de sensores para Humedad Relativa y Temperatura (Higrotermómetro)
- 6.- Piranómetro para medición de Radiación Solar

Esquema de la ubicación de los sensores de una EMA

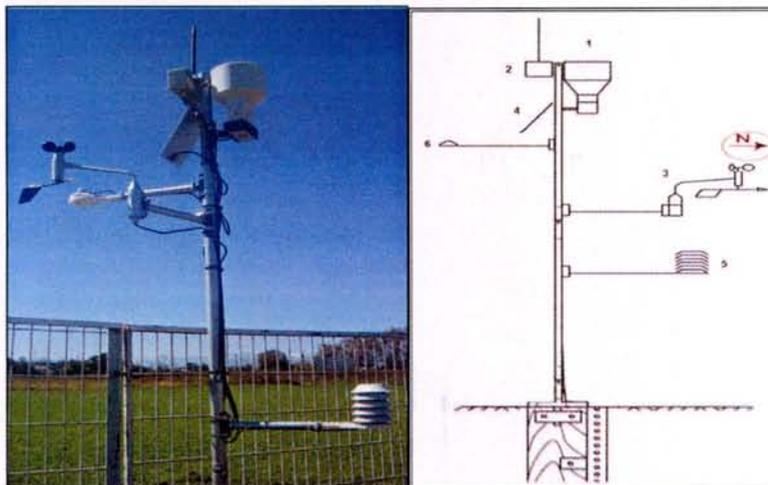


Figura 6.5. Estación Meteorológica Automática (EMA).

En el caso de la planta, se estudió el comportamiento fisiológico del cv. Carménère sometido a diferentes estrategias de RDC en los periodos de cuaja y pinta. Las cuales se verificaron por medio de la cámara de presión o Bomba Scholander (Scholander *et al.*, 1965), que se usó para medir el estatus hídrico de la planta, a través del potencial hídrico del xilema, para ello se seleccionaron dos hojas maduras y totalmente expandidas en tres plantas por tratamiento, dichas hojas se envolvieron con un film plástico y se cubrieron con papel de aluminio (alusa foil) 2 horas antes de la medición. (Figura 6.6).

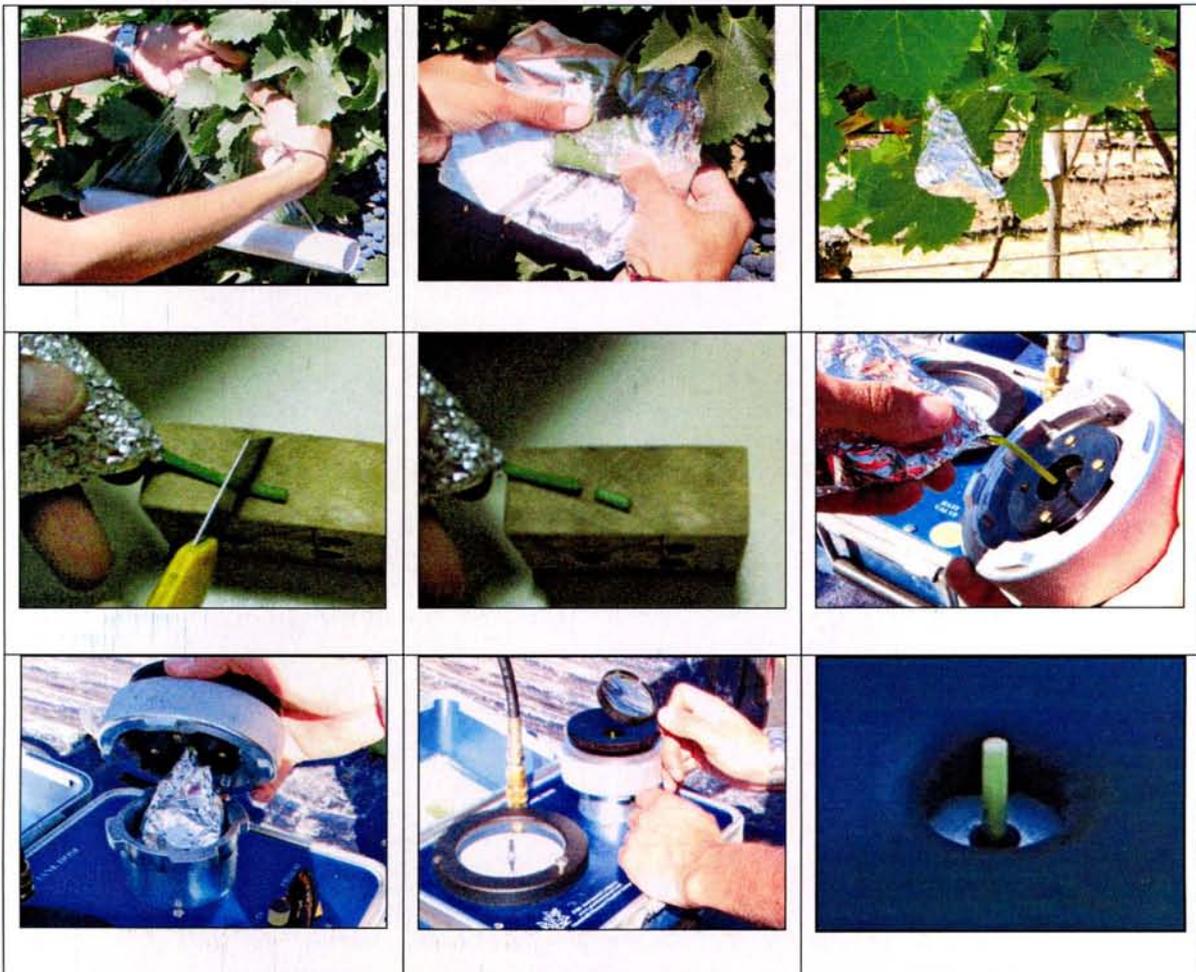


Figura 6.6. Medición del potencial hídrico del xilema.

Adicionalmente, se realizaron mediciones de crecimiento vegetativo (largo de brotes).

Además se estudiaron los componentes del rendimiento: número de racimos por planta y peso de racimo, número de bayas por racimo y peso de bayas. En cuanto al análisis de madurez desde Pinta a Cosecha se midieron: Sólidos solubles (SS), pH, acidez total, nitrógeno fácilmente asimilable (FAN), mediciones de ácido málico y tartárico, análisis de madurez fenólica (Glorie), polifenoles totales, antocianinas totales y antocianinas fácilmente extraíbles. En cuanto a las mediciones de composición de bayas a cosecha se midió: diámetro, relación cutícula pulpa, polifenoles totales, antocianinas totales y fácilmente extraíbles.

Mediante la metodología anterior, se determinó objetivamente el real efecto del déficit hídrico sobre las variables de madurez y de composición de bayas en el cv. Carménère, lo que permitió establecer los índices fisiológicos adecuados a cada etapa fenológica del cultivo.

Con la fruta de cada tratamiento se realizaron microvinificaciones. Una vez finalizado el proceso de microvinificación, se realizaron los siguientes análisis: (1) grado alcohólico, mediante determinación de etanol por destilación y aerometría; (2) densidad, determinada por el método aerométrico; (3) polifenoles totales, determinados por densidad óptica a 280 nm; (4) intensidad de color, determinada mediante densidad óptica medida a 420, 520, 620 nm; (5) matiz, obtenido mediante el cociente entre la absorbancia a 420 nm y la absorbancia a 520 nm. Por último los vinos resultantes de cada tratamiento durante la segunda temporada fueron sometidos a un panel sensorial, compuesto por cuatro enólogos bien entrenados.

Para la obtención de vinos de calidad uno de los factores claves es el color de las bayas. Las antocianinas son los compuestos responsables del color de las bayas y por consiguiente de la coloración de los vinos, las antocianinas son un grupo particular de fenoles, los que en el caso de las bayas de *Vitis vinifera* corresponden a cinco (Delfinidina, Cianidina, Petunidina, Peonidina y Malvidina).

En la presente investigación se realizó un análisis del perfil de antocianinas en la temporada 2007-2008, mediante cromatografía líquida de alta performance (HPLC), de acuerdo a la

técnica descrita por Marx *et al.* (2000), tanto en las bayas como en el vino con el fin de detectar si las estrategias de riego implementadas tuvieron algún efecto sobre este factor. Los resultados de todas las mediciones fueron sometidos a un análisis de varianza, y en los casos donde ésta resultó significativa se realizó la prueba de comparación con el test LSD con un nivel de confianza de 95%, para la separación de las medias de los tratamientos.

6.3. Resultados y discusión

En la Figura 6.7 se presenta la evolución de la precipitación y evapotranspiración de referencia (ETr) durante las tres temporadas en estudio. Entre inicio de la temporada ³ y cosecha⁴, precipitaron 86 mm, 67,2 mm y 42,4 mm de agua, durante las temporadas 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009 respectivamente. En las dos primeras temporadas, cerca del 70% de las precipitaciones ocurrieron en el período de pinta – cosecha mientras que en la última temporada el 95,3% de las precipitaciones se presentaron antes de floración. El inicio de la temporada regular de riego por parte de la viña para la primera temporada fue el 8 de Noviembre del 2006, la segunda el 19 de diciembre del 2007 y la ultima el 29 de Octubre del 2008.

³ Inicio de mediciones fue el 01 de septiembre en cada una de las tres temporadas.

⁴ Las fechas de cosechas y estados fenológicos de cada una de las temporadas se encuentran en el anexo al final de este reporte.

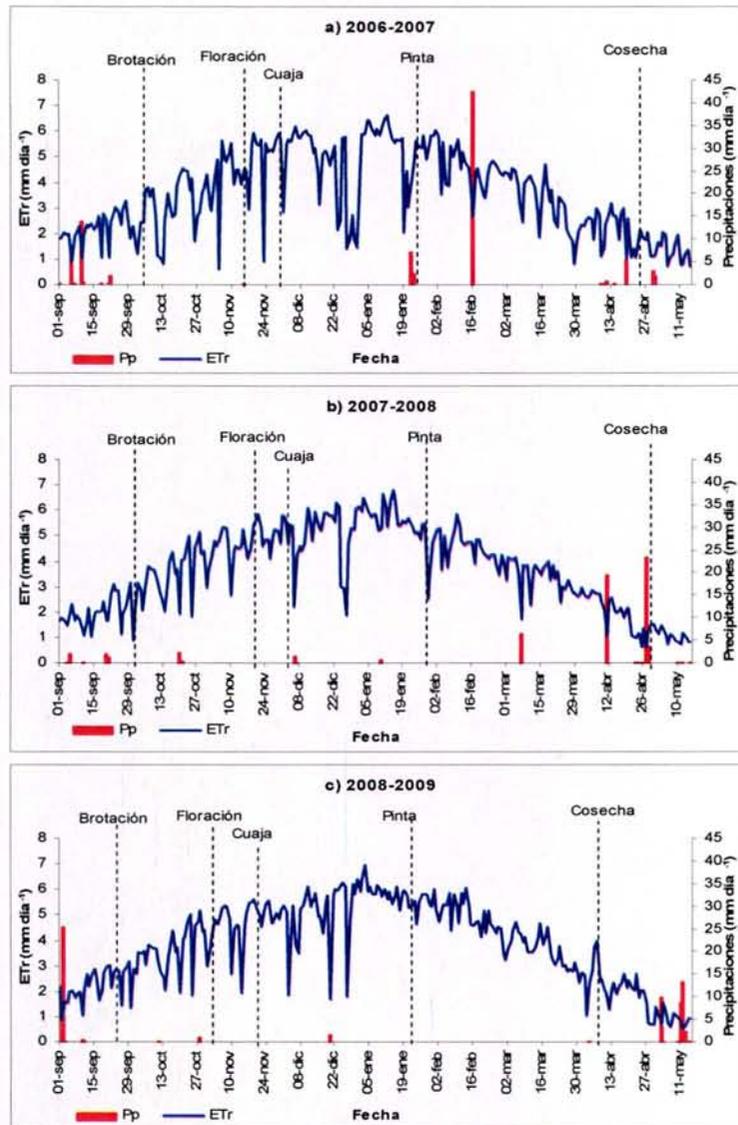


Figura 6.7. Evolución de las precipitaciones (Pp) y evapotranspiración de referencia (ETr), cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas a) 2006-2007, b) 2007-2008 y c) 2008-2009 Talca, VII Región.

Durante la primera temporada el menor valor de humedad relativa se registró en diciembre con un valor de 24,0 %, la segunda y tercera temporada el mínimo valor fue de 12,0 % observada en enero y abril respectivamente (Figura 6.8).

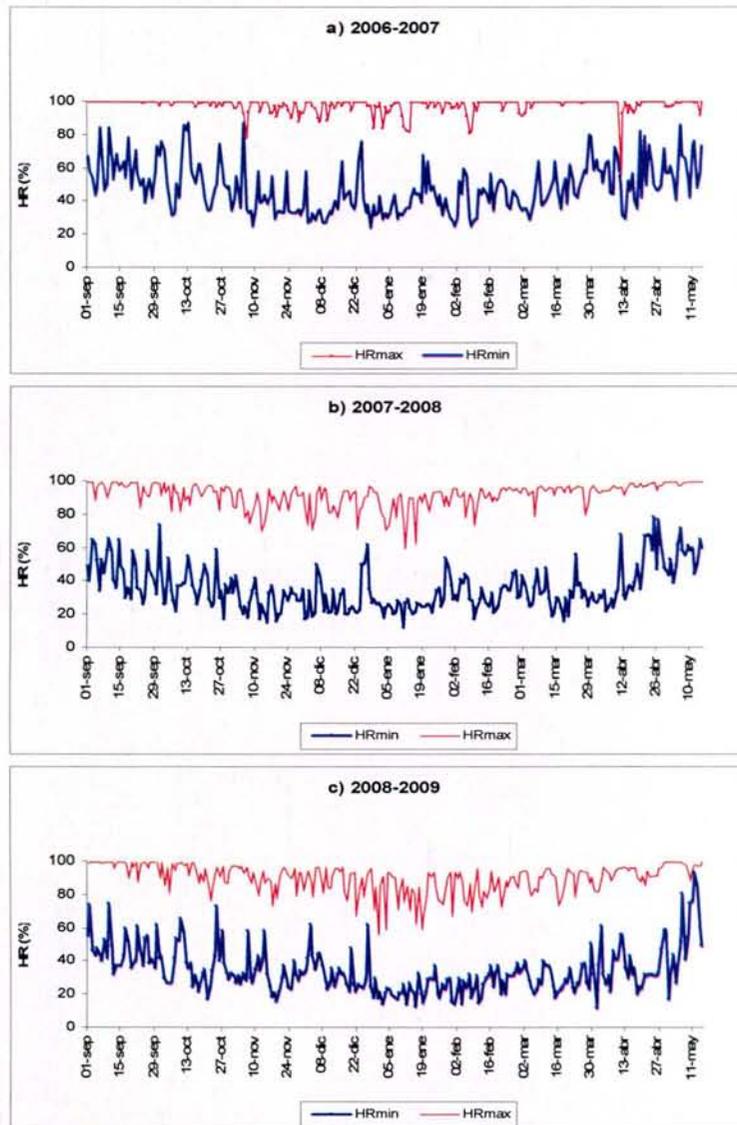


Figura 6.8. Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín), cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas a) 2006-2007, b) 2007-2008 y c) 2008-2009 Talca, VII región.

La máxima y mínima temperatura en la primera temporada ocurrió en febrero y abril, con valores de 34,1 °C y -1,10 °C, respectivamente. A su vez, en la segunda temporada la máxima temperatura se registró en noviembre y enero, con un valor de 34,4 °C, y la mínima al comienzo de la temporada en septiembre con -0,3 °C. La última temporada la temperatura máxima y mínima tuvieron valores de 35,8 °C y 0,4 °C en enero y septiembre

respectivamente. Por último, es importante señalar que existió una relación directa entre los valores máximos de temperaturas y los consumos máximos de agua diarios (ETr) en la temporada, siendo los meses de diciembre y enero los de mayor demanda hídrica (Figura 6.9).

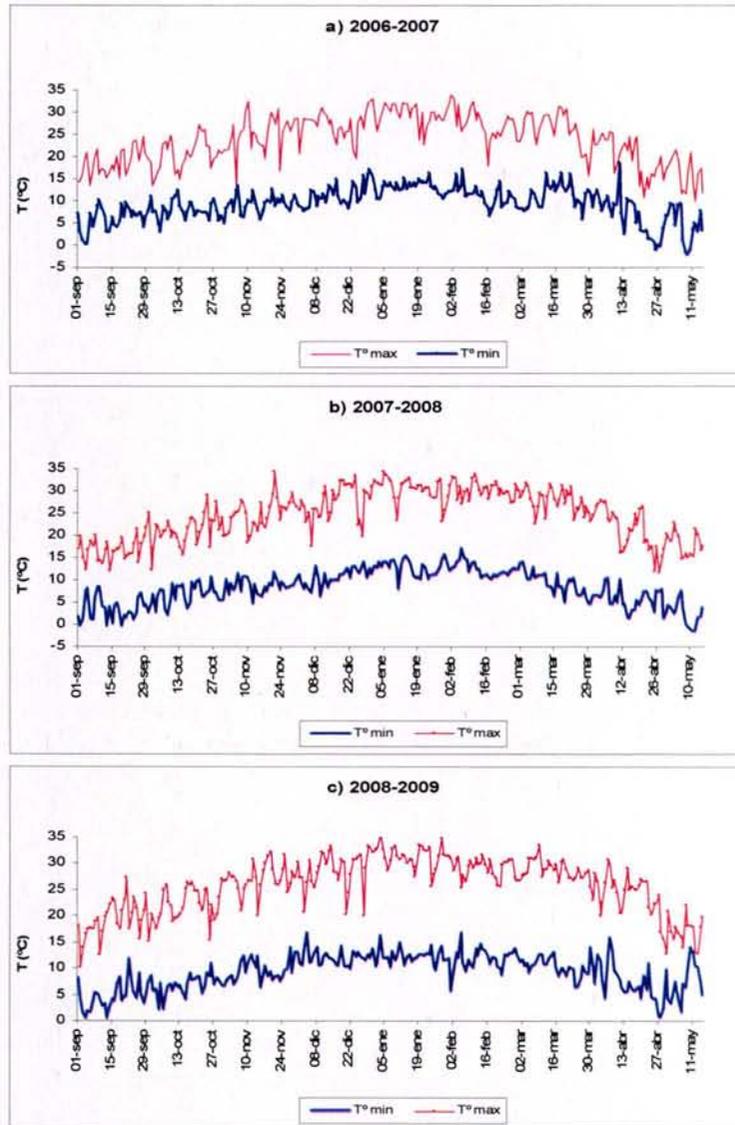


Figura 6.9. Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín), cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

El Cuadro 6.2 muestra la acumulación de los grados día ($^{\circ}\text{DG}$) y evapotranspiración de referencia (ETr) desde el periodo fenológico de yema alodonosa (4^{ta} semana agosto 1^{era} de septiembre) hasta cosecha (2^{da} a 4^{ta} semana abril) para cada una de las temporadas en estudio, la acumulación térmica total para el periodo anteriormente señalado se mantuvo relativamente estable en cada una de las tres temporadas alcanzando un valor promedio de 1738 $^{\circ}\text{DG}$, mientras la ETr estuvo alrededor de los 906 mm promedio.

Cuadro 6.2. Acumulación de Grados Día (base 10°C) y Evapotranspiración de referencia (ETr) por periodo fenológico *Vitis vinifera* cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

E. Fenológico		Yema alodonosa - Brotación	Brotación - Floración	Floración - Cuaja	Cuaja - Pinta	Pinta - Cosecha	TOTAL
Temporada							
2006	$^{\circ}\text{DG}$	78	229	70	614	734	1724
2007	ETr	57	151	42	300	328	878
2007	$^{\circ}\text{DG}$	24	266	90	607	725	1711
2008	ETr	53	205	56	310	303	925
2008	$^{\circ}\text{DG}$	43	177	142	669	747	1777
2009	ETr	41	137	80	336	320	913

En el cuadro 6.3, se presentan los caudales totales de agua aplicada en el cultivar Carménère durante los periodos de cuaja-pinta y pinta-cosecha para todas las temporadas. Durante la segunda temporada tenemos que el riego aplicado al tratamiento T1 (100% ETvid) fue $4.467 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, el cual es superior a lo aplicado para el mismo tratamiento durante la primera temporada ($1.883 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Esto se debe principalmente a que en la segunda temporada el periodo entre el estado fenológico de yema alodonosa (inicios septiembre) y cosecha (finales de abril) fue mas exigente hídricamente desde el punto de vista climático (ETr 878 y 925 mm día^{-1} , temporada 1 y 2 respectivamente) además se hicieron ajustes en los rangos de potencial de xilema al mediodía para cada tratamiento, lo cual resultó en que el tratamiento T1 durante la segunda temporada no obtuviese ahorros de agua como si ocurrió durante la temporada 2006-2007, mientras el agua aplicada en la

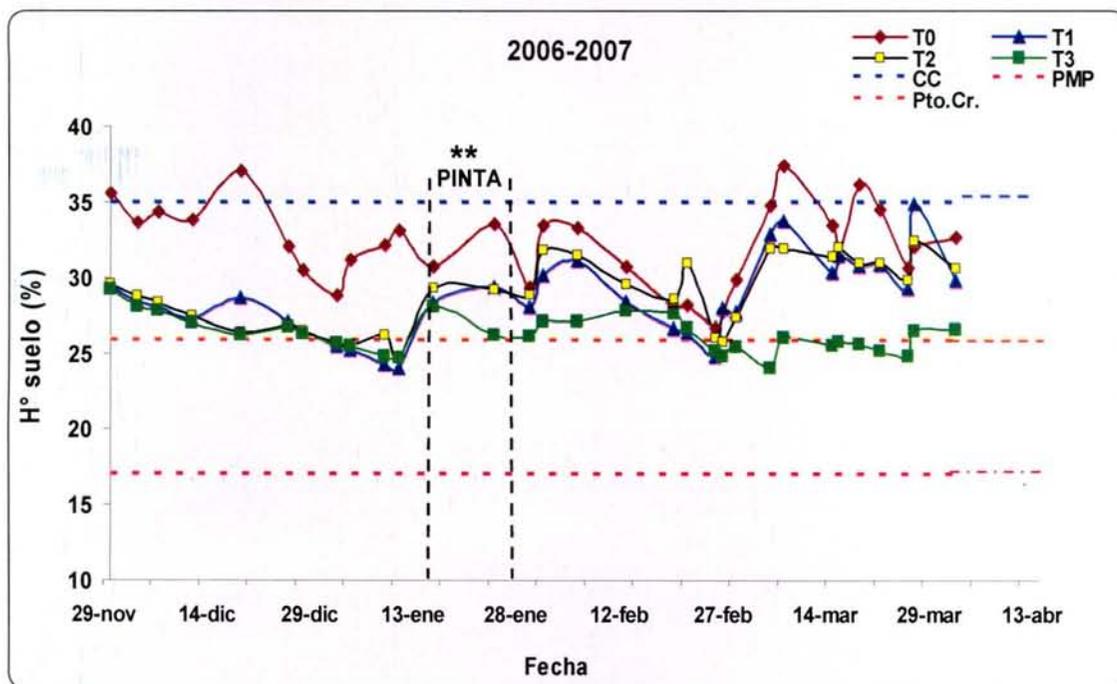
tercera temporada ($4618 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) fue muy similar a la temporada 2007-2008. A su vez, el tratamiento T3 también mostró los mayores volúmenes de riego durante la segunda temporada debido principalmente a la mayor demanda hídrica del ambiente o Evapotranspiración de referencia (ET_r). Es importante señalar que los tratamientos con restricción hídrica produjeron ahorros considerables de agua de riego con respecto al riego tradicional aplicado por el agricultor durante las tres temporadas en estudio, estos ahorros variaron de un 25,7% (2007-2008) a un 60,4% (2008-2009) para T2, y entre un 48,4% (2007-2008) y un 81,4%(2008-2009) para T3, dependiendo de las condiciones de cada temporada agrícola.

Cuadro 6.3. Caudal aplicado por tratamiento ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) al cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

Temporada	Tratamiento	Caudal de agua aplicado ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)				Ahorro %
		Brotación - Cuaja	Cuaja - Pinta	Pinta - Cosecha	Total	
2006	T0(Riego Agricultor)	91	692	1922	2704	0
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	0	336	1547	1883	30,4 %
2007	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	0	235	1083	1318	51,3 %
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	0	165	758	923	65,9 %
2007	T0(Riego Agricultor)	0	889	1606	2586	0,0%
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	0	1547	2900	4467	-72,8%
2008	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	0	664	1236	1920	25,7%
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	0	664	649	1334	48,4%
2008	T0(Riego Agricultor)	245	2101	2757	5103	0%
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	245	1146	3227	4618	9,5%
2009	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	245	189	1586	2019	60,4%
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	245	189	515	948	81,4%

Para verificar la efectividad de los tratamientos de riego, se estudió la evolución del contenido de agua en el suelo durante las tres temporadas agrícolas (Figura 6.10). En la figura 10 se puede observar que en la mayoría del tiempo el nivel de humedad del suelo estuvo sobre el criterio de riego (Cr) para las temporadas 2006-2007 y 2007-2008, a diferencia de última temporada donde el tratamiento T3 (40% ET_{real}) estuvo generalmente bajo el criterio de riego desde finales de diciembre hasta una semana antes de cosecha. En

cuaja durante el primer año hubo diferencias significativas entre el control y el resto de los tratamientos, a diferencia de la segunda y tercera temporada en las cuales no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la humedad de suelo. En el caso de la segunda temporada esto indicaría que el suelo contaba con reservas de agua en el perfil, ya que el riego regular de la segunda temporada comenzó con posterioridad a cuaja, mientras que para el último año no se encontraron diferencias significativas ya que previo a cuaja todos los tratamientos estaban siendo regados por igual. En Pinta las tres temporadas expusieron diferencias estadísticamente significativas entre el control y los tratamientos con restricción hídrica (T2 y T3), con lo cual se verifica que los tratamientos de riego estaban teniendo efecto en la humedad o carga de agua en el perfil del suelo. Un mes antes de cosecha en la primera temporada el tratamiento control sólo presentó diferencias significativas con el tratamiento menos regado (T3). En la segunda temporada 15 días antes de cosecha el control registró diferencias significativas con el resto de los tratamientos. En la última temporada en cosecha aun se mantenían diferencias significativas entre el control y los tratamientos con restricción hídrica (T2 y T3) pero no con T1.



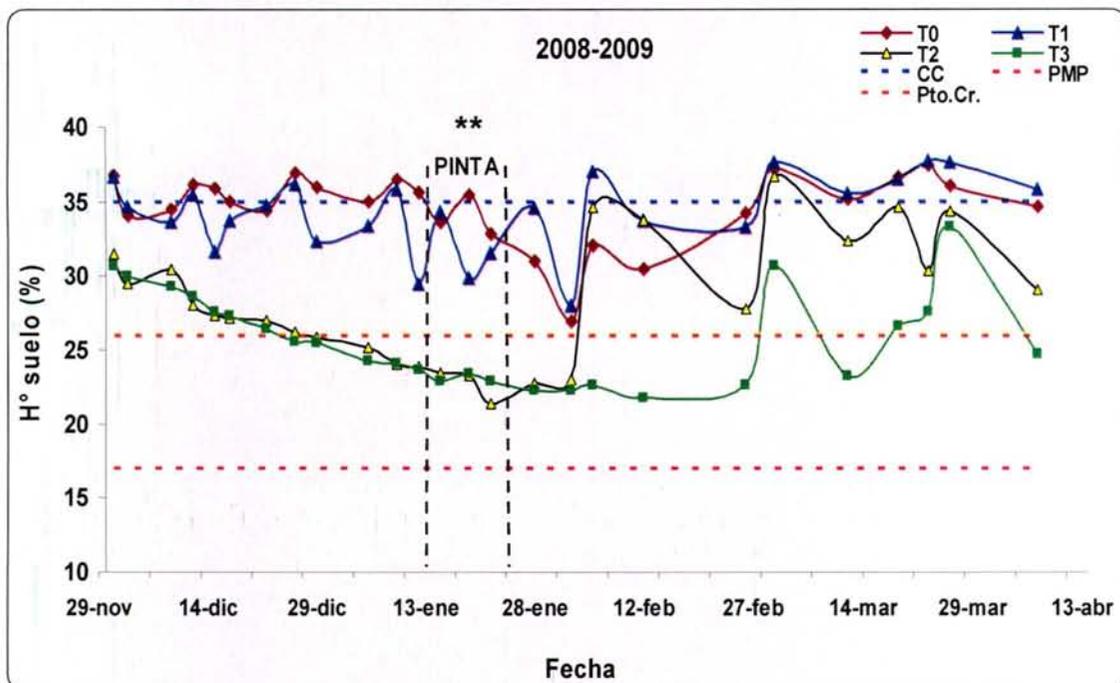
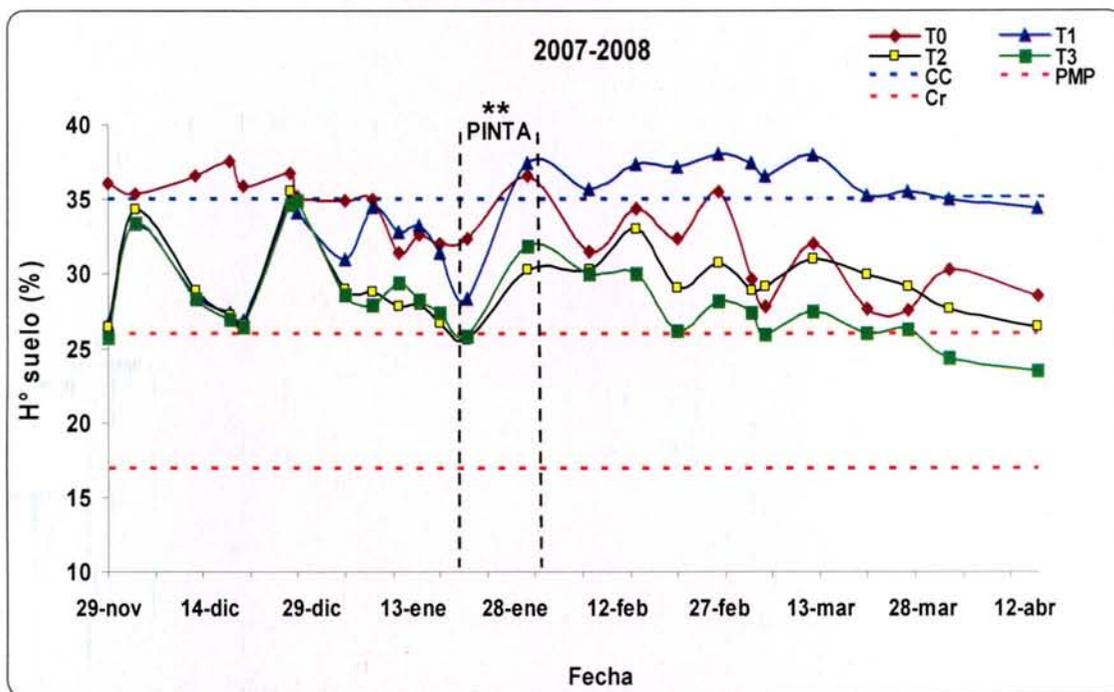
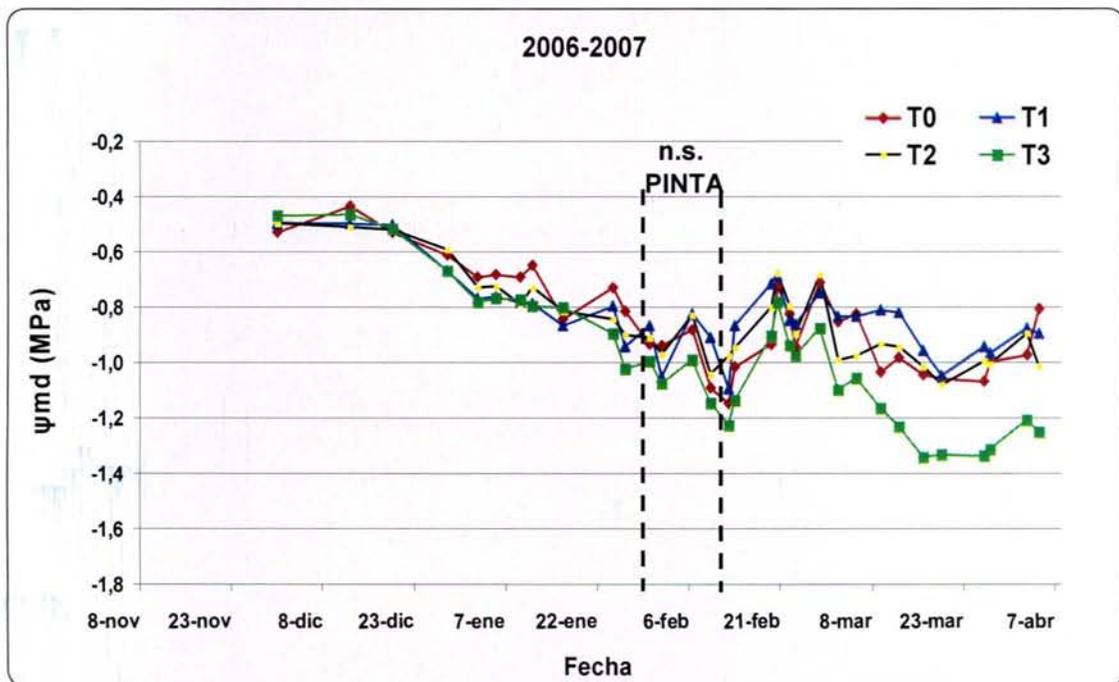


Figura 6.10. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica, cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región. Los valores de capacidad decampo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y criterio de riego (Cr) se incluyen como referencia.

El potencial del xilema al mediodía (Ψ_{md} , MPa) en cuaja no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para las tres temporadas. En pinta, la temporada 2006-2007 no hubo diferencias entre los tratamientos pero si las hubo durante las dos siguientes temporadas, donde T1 en la segunda temporada fue diferente a los otros tres tratamientos con un valor de -0,81 MPa y en el otro extremo T3 obtuvo el menor valor de -1,17 MPa; la última temporada T1 fue estadísticamente diferente de T2 y T3 pero no del tratamiento control, los valores del potencial variaron en la última temporada entre -0,76 MPa (T0) a -1,04 MPa (T3). Para todas las temporadas un mes antes de cosecha el Ψ_{md} presentó diferencias entre el control y alguno de los tratamientos con restricción hídrica (Figura 6.11). Para todas las temporadas el tratamiento T3 generalmente mostró los menores valores de Ψ_{md} teniendo como punto mas bajo los valores de -1,34 MPa, -1,44 MPa y -1,63 MPa, en la primera, segunda y tercera temporada respectivamente lo anterior estaría indicando la presencia de un estrés hídrico de fuerte a severo en dicho período (Sibille *et al*, 2007).



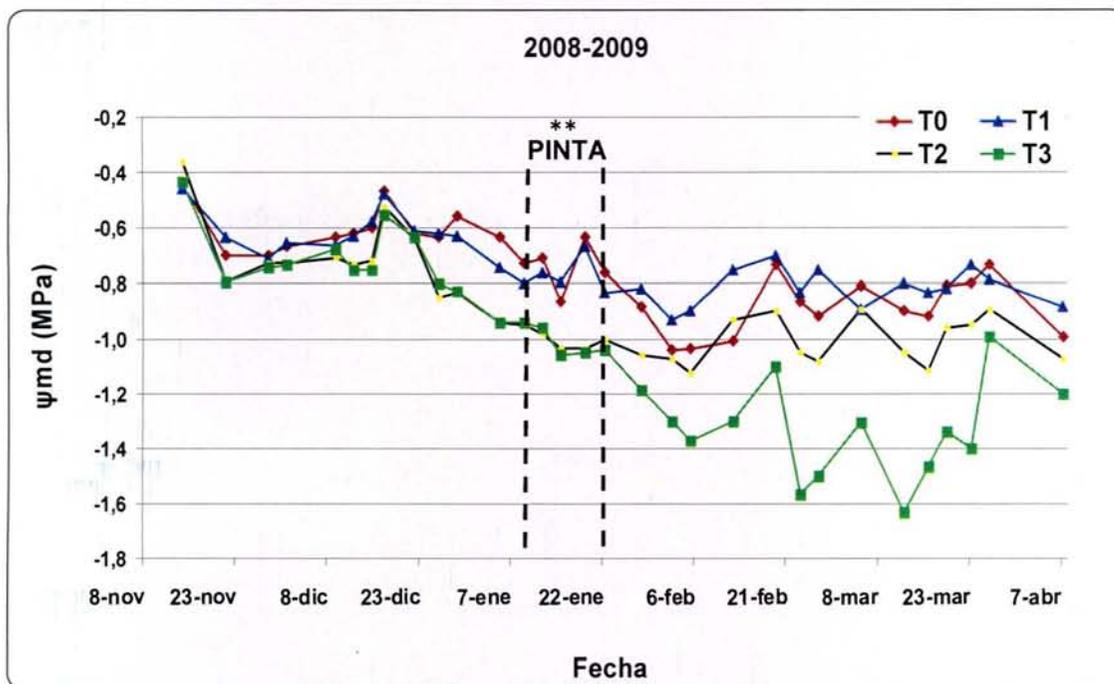
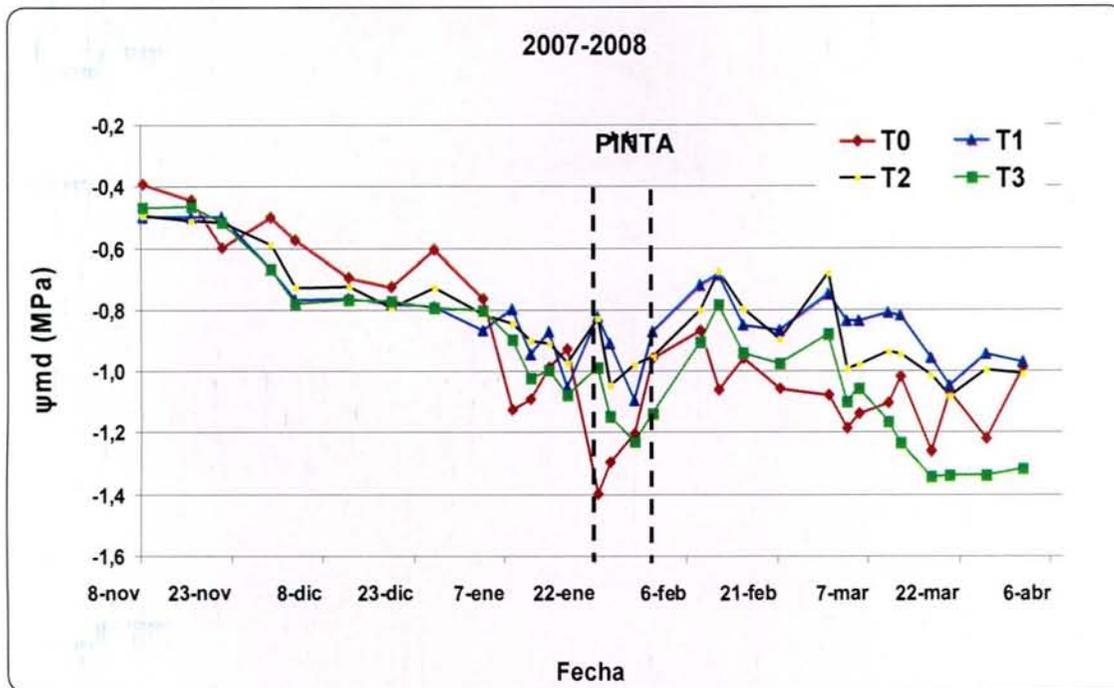


Figura 6.11. Evolución del potencial hídrico del xilema al mediodía (ψ_{md} , MPa) cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

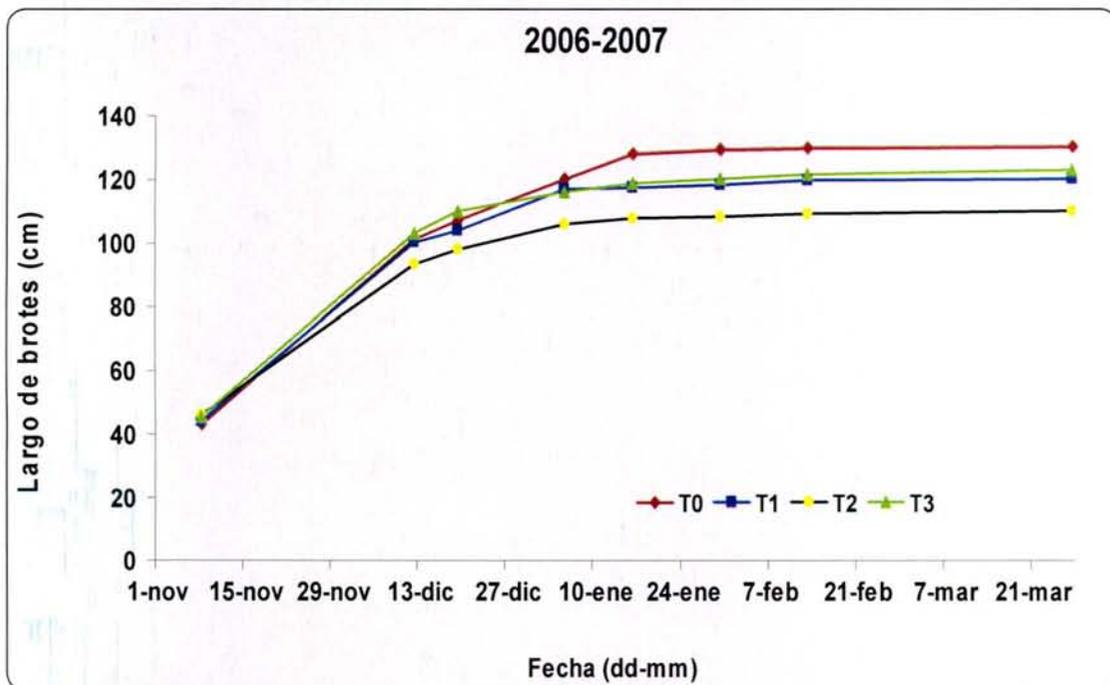
En el Cuadro 6.4 se puede observar un resumen con los valores promedios de potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_{md}) y humedad de suelo (θ) en los periodo fenológicos de cuaja y pinta, mas los valores un mes antes de cosecha para las tres temporadas en estudio.

Cuadro 6.4. Valores promedios de potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_{md} , MPa) y humedad de suelo (θ) en los periodo fenológicos de cuaja y pinta, mas un mes antes de cosecha, cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

Temporada	Tratamiento	Cuaja		Pinta		un mes antes cosecha	
		Ψ_{md}	θ	Ψ_{md}	θ	Ψ_{md}	θ
2006 2007	T0 _(Riego Agricultor)	-0,48	35,63 a	-0,74	33,57 a	-0,89 a	32,13 a
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	-0,50	29,47 b	-0,82	29,37 b	-0,88 a	34,90 a
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	-0,50	29,53 b	-0,79	29,20 b	-0,95 a	32,43 a
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	-0,47	29,17 b	-0,83	26,27 c	-1,23 b	26,53 b
	Significancia ^{z,y}	n.s.	**	n.s.	**	**	**
2007 2008	T0 _(Riego Agricultor)	-0,57	35,37	-0,96 b	36,60 a	-0,99 b	30,30 b
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	-0,54	33,33	-0,81 a	37,47 a	-0,64 a	35,03 a
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	-0,55	34,33	-1,19 c	30,33 b	-0,99 b	27,67 c
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	-0,54	33,43	-1,17 c	31,83 b	-1,25 c	24,37 d
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	**	**	**	**
2008 2009	T0 _(Riego Agricultor)	-0,63	35,27	-0,76 a	32,93 a	-0,81 a	37,20
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	-0,66	36,63	-0,83 a	31,57 a	-0,89 a	37,63
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	-0,71	35,70	-1,00 b	21,37 b	-1,03 b	36,73
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	-0,68	36,27	-1,04 b	22,93 b	-1,31 c	30,70
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

El volumen de agua aplicada a los distintos tratamientos no se tradujo en diferencias significativas en el largo de brote al final de las temporadas (Figura 6.12), es importante señalar que durante la segunda temporada se aprecia un menor largo final de los brotes que en las otras dos temporadas pero ello no indica que la viña este menos vigorosa sino que esto se debe a que durante la temporada 2007-2008 se eligieron brotes iniciales de menor longitud. En las tres temporadas se observa una tendencia similar, un crecimiento rápido entre noviembre y diciembre para luego estabilizar su crecimiento durante el resto de la temporada.



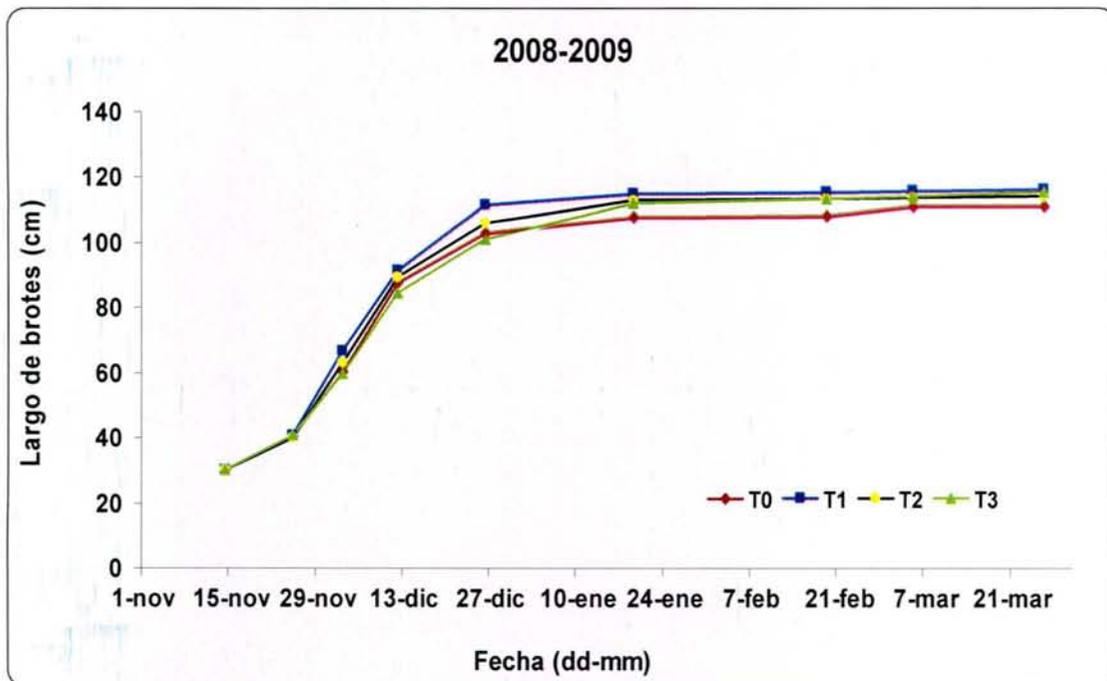
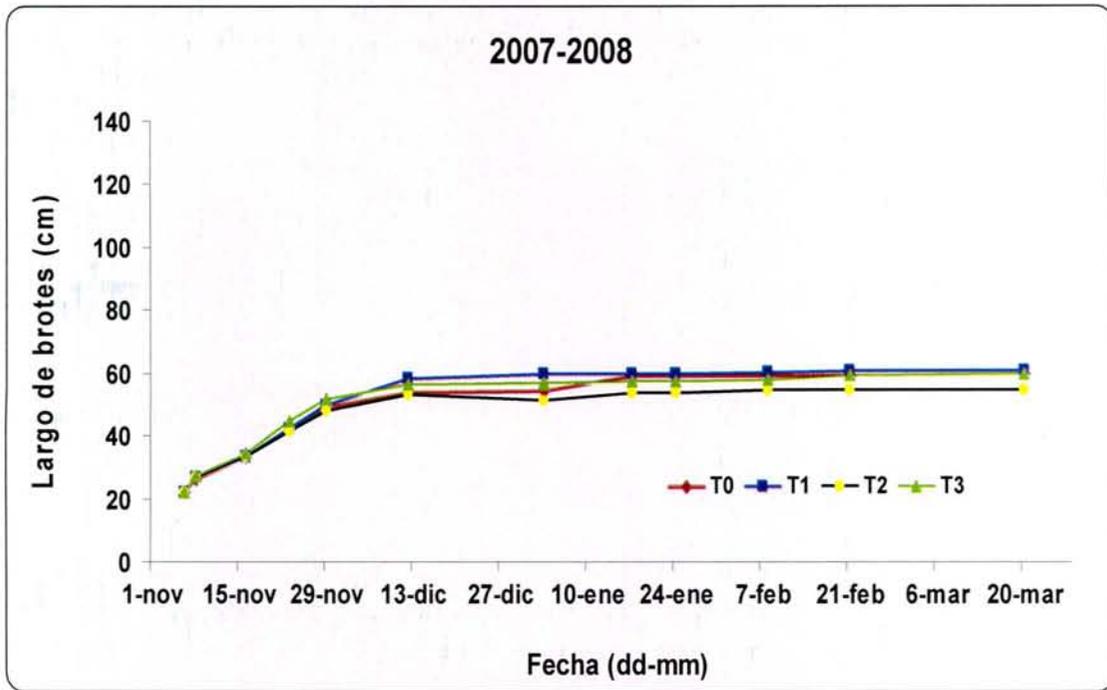


Figura 6.12. Evolución del largo brotes Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

El análisis estadístico del efecto de los tratamientos de riego en los componentes del rendimiento, es presentado en el Cuadro 6.5 para todas las temporadas. Se puede observar que durante la primera temporada sólo hubo diferencias estadísticamente significativas para la variable diámetro de bayas, pero estas no muestran una tendencia atribuible al nivel de riego. En la segunda temporada únicamente la variable de número de bayas por racimo presentó diferencias significativas entre los tratamientos, donde T1 registró el mayor número de bayas por racimo (150) mostrando diferencias con el resto de los tratamientos. En el caso de la tercera temporada se detectaron diferencias significativas para las variables de número de bayas, peso racimo y rendimiento donde el tratamiento más regado (T1) registró los valores más altos en cada uno de los ítems y fue estadísticamente diferente al menos con uno de los tratamientos con restricción hídrica.

En cuanto al rendimiento por planta la primera temporada en general presentó una mayor producción comparada con las otras dos temporadas, todo esto determinado por el mayor número de racimos por planta. Lo importante a señalar es que los tratamientos con restricción hídrica no afectaron la producción de la vid a excepción del último año donde el tratamiento T3 obtuvo la menor producción por planta con un valor de 5,16 Kg/pl, pero si se consideran los resultados de las tres temporadas el tratamiento T3 (40% ETReal) sería una alternativa a considerar en cuanto a estrategia de riego.

Cuadro 6.5. Componentes del rendimiento, cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 (Talca, VII región).

Temporada	Tratamiento	Número de bayas	Peso Racimo (g)	Rendimiento (Kg pl ⁻¹)	Racimo (Nº pl ⁻¹)	Diámetro Bayas (mm)
2006 2007	T0 _(Riego Agricultor)	113,00	152,4	8,1	65,3	10,9 a
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	125,75	122,8	6,9	59,5	9,8 b
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	121,67	137,3	7,3	59,5	10,3 b
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	123,92	145,0	8,6	69,7	10,0 b
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**
2007 2008	T0 _(Riego Agricultor)	123,42 b	157,3	5,8	36,8	11,5
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	150,17 a	185,5	6,1	33,2	11,7
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	120,21 b	165,1	5,9	35,0	11,8
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	121,58 b	159,8	5,8	35,8	11,5
	Significancia ^{z,y}	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2008 2009	T0 _(Riego Agricultor)	174,58 ab	191,07 b	6,42 ab	33,7	12,47
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	197,08 a	228,35 a	7,53 a	33,0	12,46
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	145,50 b	179,71 bc	6,47 ab	36,0	12,37
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	148,42 b	167,27 c	5,16 c	31,2	12,23
	Significancia ^{z,y}	**	**	*	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En las dos primeras temporadas el análisis de composición de bayas del cv. Carménère, no se apreciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en relación a las distintas variables analizadas (Cuadro 6.6). Sólo el tercer año la relación cutícula/pulpa mostró diferencias significativas entre T1 y T3, donde la mejor relación la obtuvo el tratamiento menos regado (40% ETReal), razón por la cual se sigue reafirmando que la aplicación de riegos deficitarios en cv. Carménère es un camino posible de seguir.

Cuadro 6.6. Análisis de composición de bayas, ensayo de riego Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 (Talca, VII región).

Temporada	Tratamiento	Relación cutícula/pulpa (cm ² cm ⁻³)	Antocianinas totales (mg L ⁻¹)	Antocianinas fac. Extraíble (mg L ⁻¹)	Riqueza fenólica (índice)
2006 2007	T0 _(Riego Agricultor)	3,34	2304,75	927,50	40,80
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	3,64	1936,08	798,58	36,40
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	3,82	2283,75	819,58	35,33
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	3,20	2402,75	802,08	35,40
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2007 2008	T0 _(Riego Agricultor)	3,58	2164,3	525,6	33,6
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	3,95	1820,6	563,5	23,3
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	3,63	2030,0	463,2	28,9
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	3,64	2069,7	431,1	25,1
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2008 2009	T0 _(Riego Agricultor)	4,82 ab	3,67	3,78	25,63
	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	4,39 b	3,66	3,90	26,00
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	4,53 b	3,65	3,99	26,73
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	5,08 a	3,67	3,77	26,57
	Significancia ^{z,y}	*	n.s.	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En las temporadas 2006-2007 y 2007-2008 se realizó un análisis químico del mosto (pH, acidez total, sólidos solubles (°brix), FAN y densidad), donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables de composición química del mosto (Cuadro 6.7).

Cuadro 6.7. Análisis de composición química del mosto, ensayo de riego Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008 (Talca, VII región).

Temporada	Tratamiento	pH	Acidez total g/l H ₂ SO ₄	Sólidos solubles °Brix	FAN mg/L	Densidad g/L
2006	T0 _(Riego Agricultor)	3,75	4,14	25,67	147,67	1106,67
2007	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	3,77	3,94	25,53	154,00	1110,00
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	3,76	4,12	25,60	156,00	1112,33
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	3,77	4,17	25,80	155,67	1108,33
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2007	T0 _(Riego Agricultor)	3,91	2,01	26,2	108,7	1116,0
2008	T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	3,92	2,03	25,7	112,0	1108,0
	T2 ₍₄₀₋₇₀₎	3,95	1,83	26,5	115,7	1113,7
	T3 ₍₄₀₋₄₀₎	3,96	1,83	26,7	119,0	1115,3
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En el análisis químico del vino (pH, acidez total, intensidad colorante (IC), matiz, polifenoles totales y grado alcohol) durante la primera temporada no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables analizadas (Cuadro 6.8), posiblemente atribuido a las precipitaciones caídas en el período previo a cosecha, las cuales habrían anulado las potenciales diferencias en las variables analizadas en cosecha. Durante la segunda temporada se encontraron diferencias estadísticas significativas en Intensidad de colorante y polifenoles totales, los valores mas altos los obtuvieron los tratamientos T0 y T3 los que presentaron diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos.

Cuadro 6.8. Análisis de composición química del vino, ensayo de riego Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008 (Talca, VII región).

Temporada	Tratamiento	pH	Acidez total g/l H ₂ SO ₄	IC	Matiz	Polifenoles	Grado
				DO (420+520+620)	DO (420/520)	Totales DO -280	Alcohol (°A) v/v
2006	T0(Riego Agricultor)	3,66	4,17	29,87	0,46	73,40	15,43
2007	T1(100-100)	3,67	4,02	30,07	0,45	74,03	15,50
	T2(40-70)	3,73	4,03	27,90	0,47	72,87	15,27
	T3(40-40)	3,68	4,05	27,93	0,46	70,27	15,40
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2007 2008	T0(Riego Agricultor)	3,70	4,36	32,49 a	0,45	79,5 a	14,77
	T1(100-100)	3,78	3,77	24,00 c	0,45	68,1 b	14,47
	T2(40-70)	3,76	4,20	29,78 b	0,47	75,4 a	15,13
	T3(40-40)	3,75	4,30	31,43 ab	0,47	77,8 a	14,73
	Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). DO= Densidad óptica.

Para determinar si los tratamientos con restricción hídrica producían un adelantamiento de la fecha de cosecha con respecto al control, se realizó un seguimiento a la evolución de los sólidos solubles en las bayas expresados en grados Brix (Figura 6.13), y en las tres temporadas los tratamientos no presentaron diferencias significativas para ninguna de las fechas analizadas. Por lo tanto el nivel de riego en las condiciones de este ensayo no sera capaz por si solo de adelantar la madurez de la fruta en Carménère.

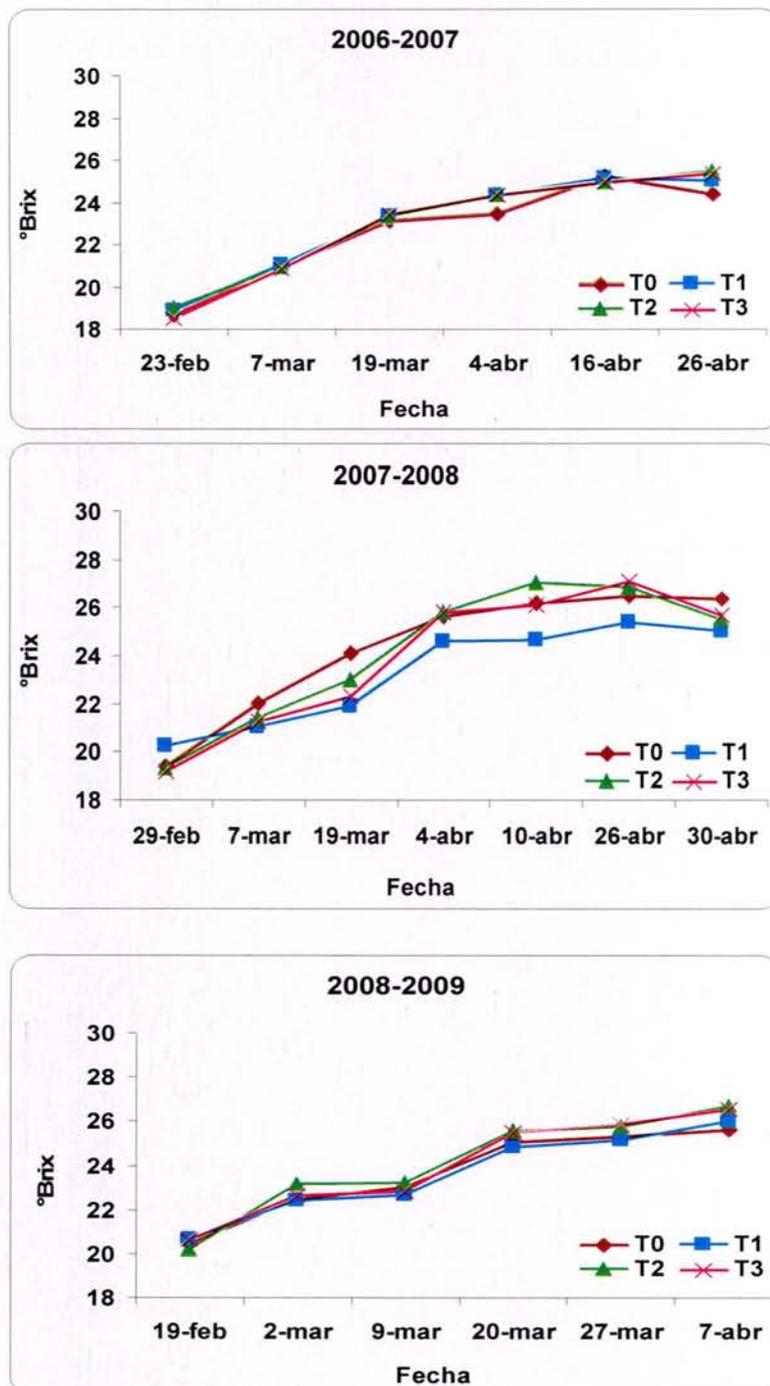


Figura 6.13. Evolución de los grados brix en bayas del cv. Carménère, Viña Calina, temporadas agrícolas 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009 Talca, VII región.

Perfil de antocianinas

Durante la temporada 2007-2008 se realizó un análisis del perfil de antocianinas de mosto el cual presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de riego, pero estas diferencias no presentan una tendencia clara atribuible a las diferentes estrategias de riego, por lo tanto, esas diferencias dependerían de otros factores independientes del nivel de riego. En el Cuadro 6.9 se presentan los diferentes valores de cada tipo de antocianinas analizadas expresadas como unidades de área, para las antocianinas del mosto.

Cuadros 6.9. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre el perfil de antocianinas del mosto, cv. Carmènère temporada agrícola 2007-2008 (Talca, VII región).

Tratamiento	Delfinidina - 3 - Glucósido	Cianidina - 3 - Glucósido	Petunidina - 3 - Glucósido	Peonidina - 3 - Glucósido	Malvidina - 3 - Glucósido
T0 _(Riego Agricultor)	110577 a	17431 c	162326 a	239959	2271702
T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	13962 c	139755 b	10492 c	269837	2224821
T2 ₍₄₀₋₇₀₎	12214 c	165558 a	10593 c	272464	2453599
T3 ₍₄₀₋₄₀₎	73820 b	15058 c	143245 b	259432	2412362
Significancia ^{z,y}	**	**	**	n.s.	n.s.
Tratamiento	Peonidina - 3 - Acetil - Glucósido	Malvidina - 3 - Acetil - Glucósido	Peonidina - 3 - Cumaril - Glucósido	Malvidina - 3 - Cumaril - Glucósido	
T0 _(Riego Agricultor)	47515	540336	8261 c	73032 b	
T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	48927	512623	10099 bc	82518 b	
T2 ₍₄₀₋₇₀₎	45551	596256	11507 b	877121 a	
T3 ₍₄₀₋₄₀₎	48364	562890	19625 a	87809 b	
Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	**	**	

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

En el caso del perfil de antocianinas del vino no se encontró diferencias significativas entre los diferentes niveles de riego, y las diferencias detectadas en el mosto no se reflejaron en

el vino. En el Cuadro 6.10 se presentan los diferentes valores de cada tipo de antocianinas analizadas expresadas como unidades de área.

Cuadro 6.10. Influencia de diferentes regímenes hídricos sobre el perfil de antocianinas del vino, cv. Carménère temporada agrícola 2007-2008 (Talca, VII región).

Tratamiento	Delfinidina-3-Glucósido	Cianidina-3-Glucósido	Petunidina-3-Glucósido	Peonidina-3-Glucósido	Malvidina-3-Glucósido
T0 _(Riego Agricultor)	1676252	38289	58506	413325	12008094
T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	1710488	39614	83876	424058	11760242
T2 ₍₄₀₋₇₀₎	1872112	32306	105281	442049	12962166
T3 ₍₄₀₋₄₀₎	1695084	41627	86196	394618	12837946
Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tratamiento	Peonidina-3-Acetil-Glucósido	Malvidina-3-Acetil-Glucósido	Peonidina-3-Cumaril-Glucósido	Malvidina-3-Cumaril-Glucósido
T0 _(Riego Agricultor)	215394	2424720	108873	660647
T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	220200	2271850	104095	642176
T2 ₍₄₀₋₇₀₎	253841	2676329	124199	755167
T3 ₍₄₀₋₄₀₎	197258	2565248	115271	703322
Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

Análisis sensorial

En la temporada 2007-2008 el vino de los diferentes tratamientos fue sometido a un análisis sensorial, sus resultados arrojaron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para todos los parámetros analizados. En el Cuadro 6.11 se muestran algunas de las características sensoriales más distintivas descritas para la cepa Carménère como lo son su color rojo violáceo muy llamativo y profundo, sus aromas con notas de frutas rojas,

tierra húmeda y notas vegetales, y por último sus taninos que tienden a ser más suaves que los de un Cabernet Sauvignon.

Cuadro 6.11. Influencia de diferentes regímenes hídricos durante cuaja a cosecha sobre las características sensoriales del vino, cv. Carménère temporada agrícola 2007-2008 (Talca, VII región).

Tratamiento	Intensidad de color	Tierra Húmeda	Frutas Rojas	Notas Vegetales	Taninos en boca
T0 _(Riego Agricultor)	6,17	4,33	5,17	5,00	5,33
T1 ₍₁₀₀₋₁₀₀₎	7,33	4,00	5,33	4,17	5,50
T2 ₍₄₀₋₇₀₎	7,67	4,17	5,33	5,17	5,50
T3 ₍₄₀₋₄₀₎	7,83	4,33	5,83	4,83	5,00
Significancia ^{z,y}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

z: Valores seguidos de igual letra en las columnas, no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple LSD ($p \leq 0,05$). y: Significancia: n.s. : no significativo; *: significativo; **: altamente significativo, ($p \leq 0,01$). Intensidad de color de 1 a 8 (1 = inaceptable, 8 = excelente). Tierra húmeda de 1 a 8 (1 = pobre, 4 = adecuada, 8 = excesiva). Frutas rojas de 1 a 8 (1 = pobre, 4 = adecuada, 8 = excesiva). Notas vegetales de 1 a 8 (1 = pobre, 4 = adecuada, 8 = excesiva). Taninos en boca de 1 a 8 (1 = pobre, 4 = adecuada, 7 = excesiva).

6.4 Conclusiones

La estrategia de riego propuesta al agricultor (reponer el 40% de la ETvid entre cuaja a cosecha) logra ahorros de agua de alrededor de un 65,2%, en comparación al riego tradicional aplicado por el agricultor. El contenido de agua en el suelo y el potencial del xilema al mediodía (Ψ_{md}) fueron afectados por el nivel de riego. Las diferentes estrategias de riego usadas no se tradujeron en diferencias significativas en el largo de brote en las tres temporadas.

Las disminuciones en el aporte hídrico, no tuvieron efecto significativo en la mayoría de los componentes de rendimiento durante la primera y segunda temporada, exceptuando el diámetro de bayas el 2006-2007 y el número de bayas por racimo la temporada 2007-2008. mientras que en la última temporada se detectaron diferencias significativas para las

variables de número de bayas, peso de racimo y rendimiento, donde el tratamiento más regado (T1) registró los valores más altos en cada uno de los ítems y fue estadísticamente diferente al menos con uno de los tratamientos con restricción hídrica.

En cuanto a la composición de bayas, no se registró diferencias significativas en las tres temporadas a excepción de la relación cutícula/pulpa en la última temporada, donde el tratamiento recomendado por esta investigación (T3) obtiene el valor más alto.

Los análisis de la composición química del vino en la primera temporada no presentó diferencias significativas entre los tratamientos a diferencia de la temporada 2007-2008 donde la intensidad de colorante y polifenoles totales mostraron diferencias significativas entre los tratamientos menos regados y T1. Por lo tanto, menores tasas de riego ayudarían a mejorar estos componentes en el vino.

El perfil de antocianinas en el mosto presentó diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de ello, estas diferencias no muestran una tendencia clara atribuible a un nivel de riego determinado. Por su parte, el perfil de antocianinas en el vino no presentó diferencias significativas entre las diferentes estrategias de riego utilizadas.

El análisis sensorial presentó buenas calificaciones de parte de los evaluadores, la intensidad de color obtuvo calificaciones cercanas a excelente, mientras que el resto de los parámetros (Tierra Húmeda, Frutas Rojas, Notas Vegetales, Taninos en boca) analizados tuvieron una calificación en el rango de adecuada.

Para la fecha de cosecha no fue posible determinar si los niveles de riego utilizados tuviesen alguna influencia sobre ella, debido a las nulas diferencias significativas entre los tratamientos y el control con respecto al parámetro de madurez analizado (°brix).

El no encontrar mayores diferencias tanto en calidad de fruta, mosto y vino, estaría asociado a que las vides no alcanzaron un nivel de estrés tal como para producir diferencias significativas en estos parámetros. Las vides del cultivar Carménère soportarían un mayor nivel de estrés que otros cultivares.

De acuerdo a los resultados obtenidos y en las condiciones de este ensayo, se concluye que es posible disminuir la cantidad de agua de riego aplicada al cultivar Carménère entre cuaja a cosecha, usando un coeficiente de cultivo de 0,2, sin afectar de forma negativa la calidad final tanto de la fruta como la del vino resultante de esta, produciendo con esto un ahorro importante de agua y energía eléctrica.

6.5. Bibliografía

Acevedo, C., Ortega-Farias, S. e Hidalgo, C. 2005. Efecto de Diferentes Niveles de Agua Aplicada en Post-Cuaja y en Post-Pinta Sobre la Calidad del Vino cv. Cabernet Sauvignon. Agric. Téc., dic. 2005, vol.65, no.4, p.397-410. ISSN 0365-2807.

Bravdo, B. and Naor, A. 1997. Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. Acta Hort. 427: 15-26.

Bogart, K. 2000. Measuring winegrape water status with a pressure a chamber. www.proxis.com/~pms/kaybogart.html

Cheyrier, V., Moutounet, M. y Sarni-Manchado, P. 2000. Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos. Capítulo 4. p 114 – 132.

Freeman, B.. 1983. Effect of irrigation and pruning of Shiraz grapevines on subsequent red wine pigment. Am. J. Enol. Vitic. 34: 23-26.

Kliewer, W., Freeman, M. and Hossom, C. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignan vines.I. Degree of water stress and effect on growth and yield. Am. J. Enol. Vitic. 34; 186-196.

Marx, R., Holbach, B. and Otteneder, H. 2000. “Determination of nine characteristics anthocyanins in wine by HPLC”. Off. Int. Vigne Vin. Bulletin. Paris. August 2000.

Myburgh, P. 1996. Response of *Vitis vinifera* L. Cv. Barlinka/Ramsey to soil water depletion levels with particular to trunk growth parameters. S. Afr. J. Enol. Vitic. 17 (1): 3-14.

Nadal, M. and Arola, J. 1995. Effect of limited irrigation on the composition of must and wine of Cabernet sauvignon under semi-arid conditions. Vitis. 34: 151-154.

Peypaud, E. y Blouin, J. 2000. El gusto del vino. El gran libro de la degustación. Facultad de enología de Burdeos. Mundiprensa. 26°, 2° edición.

Pszczolkowski, P. 2004. La invención del cv. Carménère (*Vitis vinifera* L.) en Chile, desde la mirada de uno de sus actores. *Universum* 2:150-165.

Roujou de Boubée, D., Van Leeuwen, C. and Dubourdieu, D. 2000. Organoleptic impact of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine on red Bordeaux and Loire wines. Effect of environmental conditions on concentrations in grapes during ripening. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4830-4834.

Roujou de Boubée, D., A.M. Cumsille, D. Pons, and D. Dubourdieu. 2002. Location of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon bunches and its extractability during vinification. *Am. J. Enol. Vitic.* 53:1-5.

Sibille, I., Ojeda, H., Prieto, J., Maldonado, S., Lacapere, J. and Carbonneau, A. 2007. Relation between the values of three pressure chamber modalities (midday leaf, midday stem and predawn water potential) of 4 grapevine cultivars in drought situation of the southern of France. applications for the irrigation control. *Proceedings of 15th international symposium of GESCO*, 8 p.

Scholander, P., Hammel, H., Branbsreer, E. and Hammingsen, E. 1965. Sap pressure in vascular plant. *Siences* 148, 339-346.

Smart, R. and Coombe, B. 1983. Water relation of grapevines. En: *Water deficit and plant growth*. Vol. 7. Additional woody crop Plant. T.T kozlowski (Ed). 137-196.

Van Zyl, J. 1987. Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing soil water status and meteorological conditions. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 8 (2): 45-52.

7. Ensayo arándano

7.1. Introducción

En Chile, hasta el año 2007 habían 5.664,56 ha de superficie cultivada de arándanos, ocupando la Región del Maule el 35,6% de esta superficie teniendo la mas importante participación a nivel nacional (CIREN, 2007). El principal problema en el riego de arándanos es el coeficiente de cultivo (Kc), pilar fundamental en la correcta programación del riego (Allen *et al.*, 2006), porque ha sido muy variable en los diversos ensayos que se han realizado a nivel mundial.

El consumo de agua se incrementa a medida que se avanza en la temporada, llegando al valor mas alto en el período de desarrollo de fruto presentando hasta coeficientes de 1,51 en arándanos highbush para decrecer posterior a la cosecha (Yang *et al.*, 2005). Por otro lado, en un ensayo con el mismo tipo de arándanos, utilizando plantas de 6 años, este valor llega como máximo a 0,27. Este valor estaría relacionándose directamente con la sombra proyectada, siendo 1,5 veces el porcentaje de cobertura, que en este caso llegó al 18%, como valor máximo en mediciones realizadas en lisímetro, estimando el consumo en valores de hasta 4,5 litros de agua por planta durante un día soleado (Storlie y Eck, 1996).

Sumado a la poca claridad de Kc, las sequías relacionadas con el fenómeno de “La Niña” crean restricciones severas para el abastecimiento de agua en Chile central, donde se han observado tendencias negativas en la precipitación anual. De hecho, existen modelos que indican que el cambio climático durante los próximos 50-100 años generará entre otras cosas, un aumento en las precipitaciones costeras en el Ártico, en el norte de Argentina y el sur Brasil, mientras que en el sur Chile se espera una disminución en las lluvias (Bates *et al.*, 2008). Bajo condiciones limitantes de agua, el conocer la fisiología del cultivo y su respuesta a estas situaciones se ha transformado en una necesidad, pues es el factor limitante para la obtención de buenos rendimientos (Glass *et al.*, 1999). En Chile, los arándanos bajo condiciones locales han sido poco estudiados para estimar el consumo de agua y su respuesta a situaciones de restricción hídrica para lograr los más altos niveles posibles en el rendimiento y para conseguir así aumentar su competitividad.

En un ensayo de riego en arándanos highbush realizado en Chile se señala que el número de bayas no se ve afectado por el estrés hídrico pero si el peso medio de estas, el cual es mayor cuando se aplica una mayor cantidad de agua. También se recomienda aplicaciones de pequeños pero frecuentes volúmenes de agua debido a la poca cantidad de pelos radicales que además se confinan a un espacio pequeño (Holzapfel *et al.*, 2004). Adicionalmente, como en Chile la mayoría de las plantaciones cuentan con riego por goteo, existe una alta probabilidad de que se produzca un riego parcial de raíces al concentrar la aplicación de agua solo en un sector de la planta, existiendo un riesgo de que se genere una embolia. Ahora, si una parte de ella se encuentra bien regada, la otra sección demoraría 12 horas en redistribuir el agua siendo las raíces finas las que presentarían los menores potenciales hídricos (Valenzuela-Estrada *et al.*, 2009).

A nivel internacional, Patterson (1993), indica que tratamientos con un riego semanal de 20 litros comparados con los que reciben tres riegos semanales de 12 y 16 litros, en arándanos highbush presentan fruta más pequeña y menor peso seco de plantas en la temporada siguiente. También se ha señalado que la etapa mas critica para obtener buenos rendimientos es en crecimiento de fruta, en cambio, un estrés postcosecha reduciría el número de fruta en la temporada posterior (Perrier *et al.*, 2000). También se ha visto que para plantaciones mas densas (a 0,5m sobre hilera), los requerimientos hídricos fueron ligeramente superiores a los espaciados a 1,2m, esto radica en que las plantaciones mas densas desarrollan un sistema radical mas pequeño, por lo que los riegos deben ser mas frecuentes (Bryla y Strik, 2005). Aún así, los consumos no se elevan a mas de un 10% concentrando las raíces en los primeros 0,4m (Bryla y Strik, 2007).

En el caso de las plantas jóvenes, se ha descubierto que estas responden mejor a las aplicaciones crecientes de agua en cuanto al crecimiento vegetativo y reproductivo (Spiers, 1996) y se ha llegado a determinar que necesitan de 222g de agua por cada gramo de materia seca producida (Davies y Johnson, 1982).

Una de las defensas para enfrentar situaciones limites de restricción hídrica que presentan los arándanos es la regulación de la pérdida de agua mediante un control en la conductancia estomática y del mesófilo (Glass *et al.*, 2003) ya que rápidamente cierra sus estomas y disminuye la transpiración para prevenir la embolia, pero mostrando una rápida recuperación en una rehidratación posterior (Améglio *et al.*, 2000) llegando a potenciales

hídricos xilemáticos de $-1,6\text{MPa}$ en el caso de mantenerse 5 o 7 días sin regar en el noroeste de los Estados Unidos (Bryla y Strik, 2007). En otro ensayo, se determinó que el potencial de agua crítico de hoja para llegar a un cierre estomático es de $-2,2\text{MPa}$ lo que trae consigo una reducción tanto del área foliar como del área de las raíces (Davies y Johnson, 1982).

Otra característica del cultivo que transforma el riego en un parámetro importante es que son muy susceptibles a enfermedades fúngicas y a la falta de aire, por lo que necesita de un buen drenaje (Bryla y Linderman, 2007). Debido a esto, se recomienda utilizar un 50% de criterio de riego, es decir, se deja agotar un 50% de la humedad aprovechable antes de volver a regar, para permitir una buena aireación de las raíces (Haman *et al.*, 1988). Sin embargo, en otro ensayo realizado en plantas de arándanos jóvenes no se observaron diferencias en el rendimiento para tratamientos donde los riegos se realizaban al presentar el suelo 10KPa , 15KPa y 20KPa de tensión (Haman *et al.*, 1997).

Por lo tanto, para las condiciones de este ensayo, se espera encontrar el nivel óptimo de reposición hídrica para lograr maximizar los rendimientos, con el objetivo final de obtener los coeficientes de cultivo más apropiados para cada una de las etapas fenológicas según el análisis de parámetros físicos y fisiológicos, generando así, una herramienta útil en la toma de decisiones para la programación del riego.

7.2. Metodología y pauta de trabajo

Para evaluar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica (coeficientes de cultivo) sobre el consumo de agua, rendimiento y calidad de arándanos, se realizaron dos ensayos, uno durante la temporada agrícola 2007-2008 en el sector Esperanza Plan, comuna de Longaví (Lat. $-36,1900^\circ$; Long. $-71,5470^\circ$; 337 m.s.n.m) donde se utilizó un huerto de arándanos de 2 años de edad, cv. Briggita, plantado a una distancia de 3,0 m entre hileras y 1,0 m sobre hilera, regado por una doble línea de goteros, con cuatro goteros por planta ($2,0\text{L h}^{-1}$) y durante la temporada 2008-2009 en el sector de Camelia, comuna de Retiro (Lat. $-36,1798^\circ$; Long. $-71,6020^\circ$; 296 m.s.n.m), donde se utilizó un huerto de arándanos de 6 años de edad, cv. Bonita, con un marco de plantación de 3,0m x 1,0m, regado por una línea de goteros, con un gotero por planta ($5,0\text{L h}^{-1}$), ambos en la Región del Maule.

El clima en esta área de Chile es templado cálido con lluvia suficiente y estación seca en verano, con un período libre de heladas de 235 días. Además, presenta una temperatura media en los meses más calidos (octubre-marzo) de 17,1°C, con una temperatura máxima y una humedad relativa media de 29,1°C y 67% respectivamente. La precipitación anual en un año normal es de 989 mm, con un período seco de noviembre a marzo (CIREN-CORFO, 1979).

El suelo en el ensayo cv. Briggita presenta una textura franco arenosa, con una profundidad efectiva de raíces ubicadas en los primeros 60 cm de suelo. Para esta estrata, la Capacidad de Campo (CC) es de 28,1% de humedad volumétrica (%vol) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP) es de 12,9 (%vol) por lo que el criterio de riego (CR) se fijó en 20,5 (%vol) (50% de la humedad aprovechable) (Haman et al, 1988). En cambio, el suelo en el ensayo cv. Bonita presenta una textura franco-limosa, donde la profundidad efectiva de raíces se concentra en los primeros 60 cm. Aquí, la CC es de 34,3 (%vol) y el PMP es de 14,1 (%vol) y el CR, 24,2 (%vol).

La principal diferencia entre estos dos ensayos radica en la programación del riego, ya que en el ensayo Briggita, estos se realizaron según el criterio del productor desde noviembre hasta abril, en cambio los requerimientos hídricos para el ensayo en arándanos Bonita, se estimaron a partir de la evapotranspiración actual (ETa), la que se obtuvo de la multiplicación entre la Evapotranspiración de referencia (ETr) entregada por una estación meteorológica automática (EMA) ubicada en el mismo predio del ensayo (Figura 7.1) y un coeficiente de cultivo variable según estado fenológico (Allen *et al.*, 2006) (Cuadro 7.1). Estos datos fueron usados para determinar la programación de riego desde octubre hasta febrero (los riegos comenzaron en floración por lo que el período de brotación quedó fuera de evaluación).

Cuadro 7.1. Coeficientes de cultivo para arándano. Temporada 2007-08 y 2008-09. Retiro, Región del Maule.

Estado fenológico	coeficiente de cultivo (Kc)	Imagen
Brotación	0,2	
Floración	0,2	
Cuaja	0,5	
Pinta	0,5	
Cosecha	0,4	

Adaptado de Doorenbos y Pruitt, 1976.



Figura 7.1. Estación meteorológica automática (EMA) parral. Comuna de Retiro, Región del Maule.

Dentro de los cuarteles se estableció un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluó cinco niveles de reposición hídrica, 50, 75, 100, 125 y 150% de la ETa en el caso del ensayo de arándanos Bonita. Mientras que en el ensayo Briggita los riegos se hicieron según el riego del productor (Cuadro 7.2). Así, el diseño generó un total de cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. A su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta por cuatro y tres plantas (Bonita y Briggita respectivamente).

Cuadro 7.2. Tratamientos de riego en arándano cv. Bonita y cv. Briggita. Temporada 2007-08 y 2008-09.

Tratamiento	Reposición Hídrica (%) Bonita	Reposición Hídrica (%) Briggita
T0	100% Eta	100% Riego Productor
T1	50% Eta	50% Riego Productor
T2	75% Eta	75% Riego Productor
T3	125% Eta	125% Riego Productor
T4	150% Eta	150% Riego Productor

Para lograr las aplicaciones de agua correspondiente a cada uno de los tratamientos, se cambiaron o adicionaron goteros, alterando con esto la descarga en función del tratamiento testigo, conservando la frecuencia y tiempo de riego del productor.

Una de las formas para evaluar el efecto de los tratamientos fue realizar mediciones del contenido de agua en el suelo semanalmente, usando la técnica de la reflectometría en el tiempo con un instrumento que mide indirectamente el contenido volumétrico de agua (TDR, Trase System, Inc., California, USA), desde cuaja a postcosecha (noviembre a marzo), hasta la profundidad efectiva de raíces (60cm) a través de varillas de acero inoxidable (60cm de longitud) ubicadas entre las dos plantas centrales a 20 cm. del gotero siguiendo la línea del lateral de riego (Figura 7.2).



Figura 7.2. Medición de humedad volumétrica de suelo con TDR.

Otro parámetro de control, es la determinación del estado hídrico de la planta, para lo cual se midió el potencial hídrico del xilema al mediodía mediante una cámara de presión (Bomba Scholander, PMS Instruments Co., Oregon, EE.UU.), para esto se seleccionó la punta de un brote del año sin fruta por repetición (con 5 hojas), la que se envolvió en film plástico y en papel de aluminio una hora antes de realizar la medición. Una vez cumplido este tiempo, se sacó la ramilla de la planta y se realizó un corte limpio con bisturí (evitando dañar la zona de incisión). Después, la ramilla se fijó al cabezal de la bomba dejando que una parte de ella sobresalga hacia el exterior. Luego, el cabezal se unió a la cámara de presión con la ramilla al interior, a la que se le aplicó gas a presión (nitrógeno). Finalmente, cuando comenzó a salir savia a través del corte, se registró la presión del manómetro, indicando este valor, la tensión o potencial con que el agua estaba siendo retenida por la planta (Cochard *et al.*, 2001) (Figura 7.3).

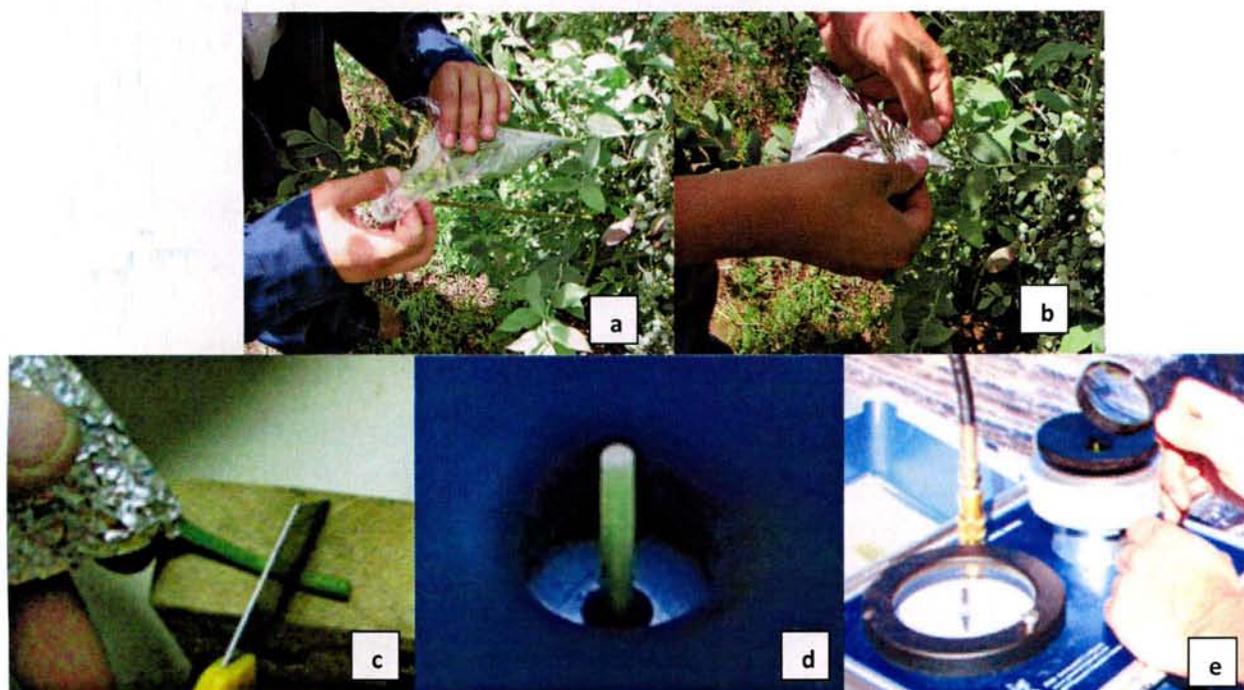


Figura 7.3. Medición de potencial hídrico xilemático al mediodía (Ψ_{md} , MPa) en arándanos. a) hojas envueltas en film plástico, b) hojas cubiertas con papel aluminio, c) despunte del brote, d) brote en el cabezal de la cámara y e) aplicación de nitrógeno a presión.

Para conocer la evolución del desarrollo vegetativo, se estimó la cobertura del cultivo de manera mensual, usando una lona de 2m de largo graduada en cuadrículas de $0,01m^2$ colocada en el suelo desde la primera hasta la tercera planta a un costado de estas, luego se tomó una fotografía a 2,5m de altura en el caso del ensayo de la variedad Bonita. En el arándano Briggita la lona se colocó entre la primera y segunda planta ya que estas lo permitían por su forma de crecimiento, fotografiando la proyección de sombra al medio día. Posteriormente, las imágenes se editaron para proyectar las líneas donde no había lona y se contabilizaron las cuadrículas ocupadas por el cultivo y los espacios cubiertos con sombra en el otro caso.

Para evaluar el efecto de los tratamientos de riego (manifestados en niveles de humedad de suelo y potenciales hídricos xilemáticos), se compararon los rendimientos y factores de calidad como diámetro y peso de frutos, considerando el total de la cosecha.

Finalmente para cuantificar el efecto de los distintos niveles de reposición hídrica, en los parámetros medidos (humedad, potencial hídrico, cobertura y rendimiento), se realizó un

análisis de varianza (ANDEVA) entre los tratamientos, y en los casos donde esta resultó significativa, se realizó el test estadístico LSD con un nivel de confianza de un 95% para la separación de medias.

7.3. Resultados y discusiones

Los diferentes estados fenológicos identificados para Arándanos y los grados día acumulados usando de base los 10 °C (GDA₁₀) desde el 1 de mayo de cada año para los dos ensayos, se presentan en los Cuadros 7.3 y 7.4. Estos resultados son la base del estudio ya que permite definir los límites en la fenología para la aplicación de los coeficientes de cultivo. Aquí se observan diferencias entre los dos ensayos en cuanto a fechas y unidades térmicas acumuladas, esto se explica por el origen y las necesidades de cada una de las variedades, por ejemplo, la variedad Bonita es de una zona más cálida (Haman *et al.*, 1988), mientras que la variedad Briggita está más aclimatada a sectores fríos (Flinnl y Ashworth, 1994).

Cuadro 7.3. Fecha de inicio de los principales estados fenológicos y los GDA en Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule.

Estado Fenológico	Fecha	GDA ₍₁₀₎
Brotación	24 de Septiembre de 2007	20
Floración	10 de Octubre de 2007	38
Cuaja	20 de Octubre de 2007	53
Pinta	10 de Noviembre de 2007	124
Cosecha	20 de Diciembre de 2007	346
Fin cosecha	1 de Febrero de 2008	735

Cuadro 7.4. Fecha de inicio de los principales estados fenológicos y los GDA en Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Estado Fenológico	Fecha	GDA ₍₁₀₎
Brotación	20 de Agosto de 2008	35
Floración	10 de Octubre de 2008	92
Cuaja	10 de Noviembre de 2008	206
Pinta	30 de Diciembre de 2008	587
Cosecha	8 de Enero de 2009	679
Fin cosecha	5 de Febrero de 2009	937

En la Figura 7.4 (a-b) se presenta la evolución de la precipitación y la evapotranspiración de referencia (ETr) en los dos ensayos. En cuanto a la ETr y las precipitaciones registradas en el ensayo Briggitita, se observa que la ETr alcanzó su máximo entre la segunda quincena de diciembre y primera quincena de enero, con valores máximos estimados de alrededor de $6,2 \text{ mm d}^{-1}$, equivalente a $62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para la estación de Longaví (Figura 7.4 a). Respecto a los aportes de agua por lluvia, se registraron dieciséis eventos de precipitación. En términos generales, este sector correspondió al más lluvioso de las zonas de influencia del proyecto en la temporada 2007-08, donde los principales eventos importantes para el cultivo se concentraron en el mes de Abril.

Entre brotación y cuaja para el ensayo Bonita, se observa una precipitación importante la cuál llegó a $35,2 \text{ mm día}^{-1}$, con un total acumulado en este período de $95,4 \text{ mm}$. Mientras que en el período comprendido entre cuaja y cosecha, sólo se observa un evento importante el día 20 de diciembre con 8 mm día^{-1} . En cuanto a la ETr, entre brotación y cuaja se hubo un total acumulado de $185,9 \text{ mm día}^{-1}$. Por otro lado, entre cuaja y cosecha se observa la máxima ETr con un valor que alcanza los $5,7 \text{ mm día}^{-1}$ y un total acumulado durante este período de $257,5 \text{ mm día}^{-1}$ (Figura 7.4 b).

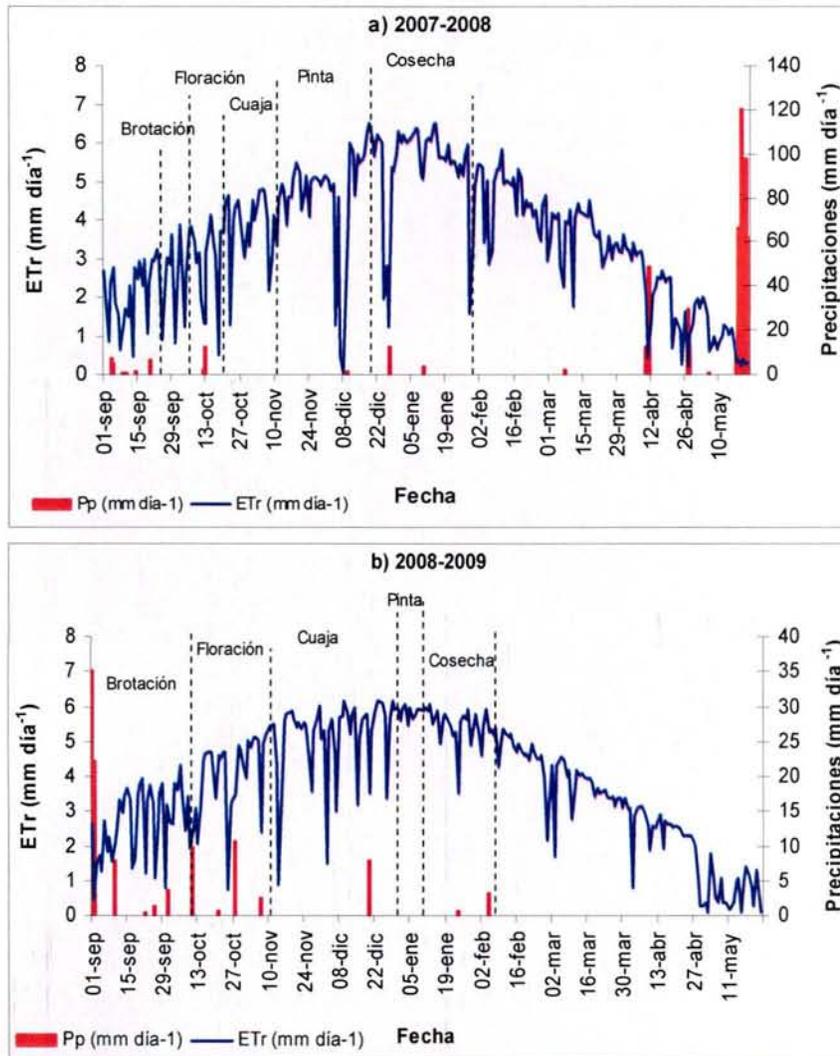


Figura 7.4. Evolución de la precipitación (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ETr). a) ensayo Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule. b) ensayo Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

La humedad relativa de los diferentes ensayos es presentada en la Figura 7.5 (a-b), donde se puede observar que a lo largo de toda la temporada agrícola 2007-2008 para el ensayo Briggita los registros de mínimas estuvieron entre 15% a 70% dependiendo de los eventos de precipitaciones, y para la máxima, las variaciones se presentaron entre 80% y 100% (Figura 7.5 a).

En cuanto al ensayo Bonita, durante la temporada 2008-09, se observó que la máxima humedad relativa se presentó también entre un 80% y 100%, mientras que la mínima se estuvo entre pinta y cosecha con un 20% (Figura 7.5 b).

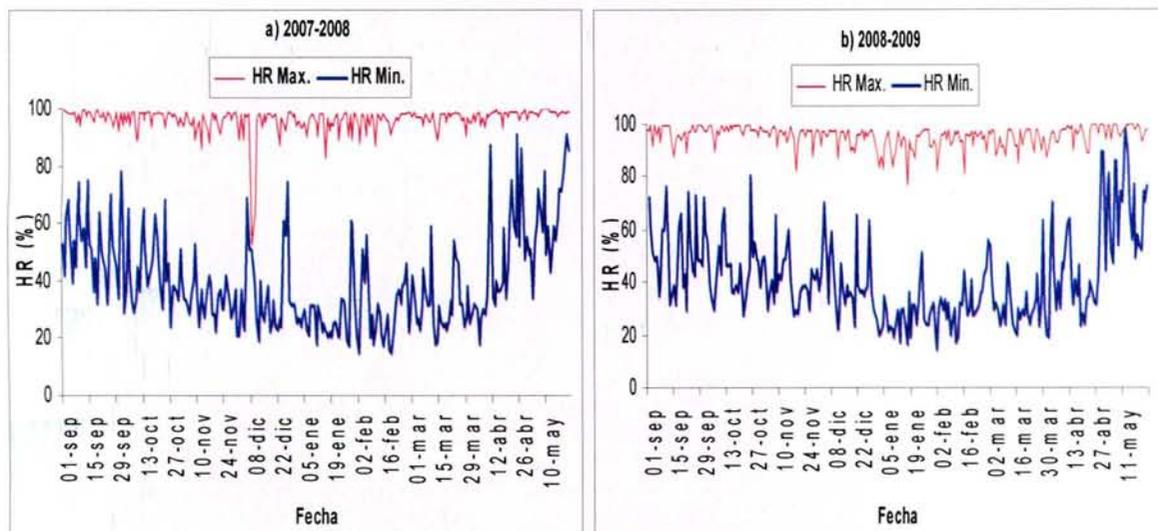


Figura 7.5 Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín). a) ensayo Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule. b) ensayo Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

El comportamiento de las temperaturas es presentado en la Figura 7.6 (a-b) donde se observa en el caso de Briggita que a lo largo de la temporada los valores de máxima fluctuaron entre los 13°C y 33°C. Los mínimos y máximos valores de esta variable se registraron en los meses de septiembre y enero, respectivamente. En cuanto a las temperaturas mínimas, se observa que estuvieron entre -2 y 10°C, no siendo suficiente para provocar daños por bajas temperaturas (Flinnl y Ashworth, 1994), durante los últimos días de septiembre y primeros días de octubre (Figura 7.6 a).

Por otro lado, en el ensayo Bonita la máxima temperatura se registró entre cuaja y cosecha con valores que llegaron a los 34,7°C, mientras que la mínima se observó entre brotación y cuaja con -0,6°C (Figura 7.6 b).

Si bien la condición de temperaturas altas en floración genera flores mas grandes, esto no alcanza a afectar el porcentaje de cuajado (Lyrene, 1994), por lo que no es un factor importante para la obtención de buenos rendimientos.

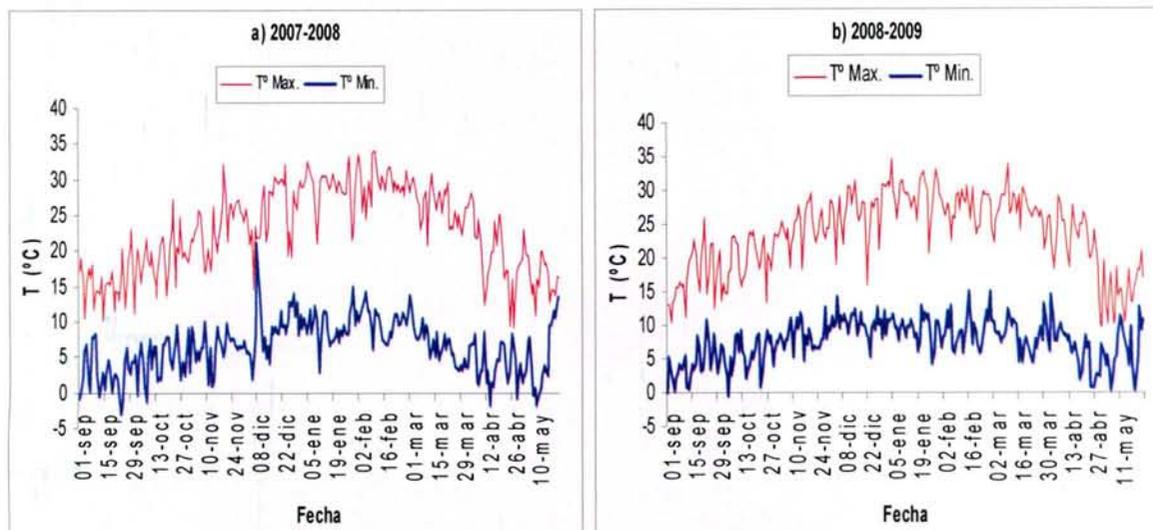


Figura 7.6. Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín). a) ensayo Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule. b) ensayo Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

En los Cuadros 7.5 y 7.6 se presentan los coeficientes de cultivo que fueron utilizados en los dos ensayos. En el caso de Briggita estos datos fueron calculados en función del riego que realizó el productor, en cambio en el ensayo Bonita los Kc para el tratamiento testigo resultó de un acuerdo entre el productor (por restricciones hídricas) y los coeficientes extraídos de literatura. La diferencia entre los dos ensayos radica en la edad del huerto, siendo el ensayo Briggita el que presenta las plantas con menor desarrollo.

Cuadro 7.5. Coeficientes de cultivo (K_c) utilizados en ensayo de Arándano cv. Briggita según diferentes niveles de reposición hídrica. Longaví, Región del Maule.

Estado Fenológico	K_c T0 (100%)	K_c T1 (50%)	K_c T2 (75%)	K_c T3 (125%)	K_c T4 (150%)
Brotación	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Floración	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Cuaja	0,22	0,21	0,21	0,22	0,22
Pinta	0,27	0,13	0,2	0,34	0,4
Cosecha	0,2	0,1	0,15	0,26	0,31

Cuadro 7.6. Coeficientes de cultivo (Kc) utilizados en ensayo de Arándano cv. Bonita según diferentes niveles de reposición hídrica. Retiro, Región del Maule.

Estado Fenológico	Kc T0 (100%)	Kc T1 (50%)	Kc T2 (75%)	Kc T3 (125%)	Kc T4 (150%)
Brotación	-	-	-	-	-
Floración	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cuaja	0,5	0,3	0,4	0,7	0,8
Pinta	0,5	0,3	0,4	0,7	0,8
Cosecha	0,4	0,2	0,3	0,5	0,6

La Figura 7.7 (a-b) muestra las cargas de agua aplicadas para cada uno de los ensayos en función de los tratamientos y períodos fenológicos. En el ensayo Briggita (Figura 7.7 a) se observa bajos volúmenes aplicados debido al poco desarrollo de las plantas (2 años) y por lo tanto bajos coeficientes de cultivo comparado con el ensayo Bonita el cual se encontraba en su sexto año productivo (Figura 7.7 b). En este último se aprecia una disminución en los riegos, en el período de pinta, justificado por el menor tiempo de este período en comparación con el ensayo Briggita. Los volúmenes totales aplicados para los ensayos fueron: Briggita $1.150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y Bonita $2.892 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

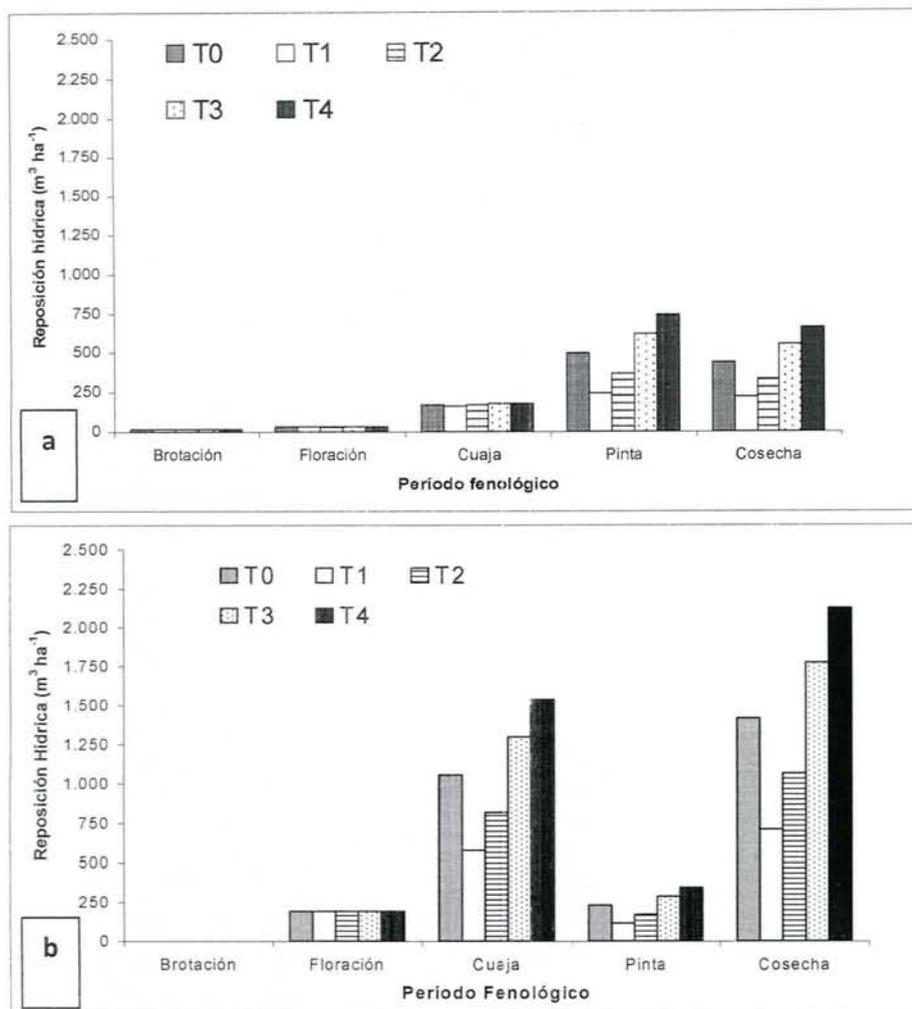


Figura 7.7. Volúmenes de agua aplicados por tratamiento. a) ensayo Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule. b) ensayo Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule. (T0=100%, T1=50%, T2=75%, T3=125% y T4=150%).

Para verificar la efectividad de los tratamientos de riego, se estudió la evolución del contenido de agua en el suelo durante la temporada 2007-2008 en el ensayo de arándanos Briggita (Figura 7.8). En la Figura 7.8 se observa que no hay diferencias entre los tratamientos de riego lo que se complementa con el análisis estadístico presentado en el Cuadro 7.7. También se aprecia que la humedad se mantuvo cercana al criterio de riego debido a ajustes en la programación según recomendaciones y a la facilidad de modificaciones por efectuar riegos diarios para no mantener el suelo saturado y permitir la aireación de las raíces.

Posterior a la cosecha se observa un repunte en la humedad causado por la menor demanda hídrica por parte del cultivo y a las aplicaciones de agua debido al fertirriego para preparar el cultivo para la próxima temporada por estar aún en edad de desarrollo.

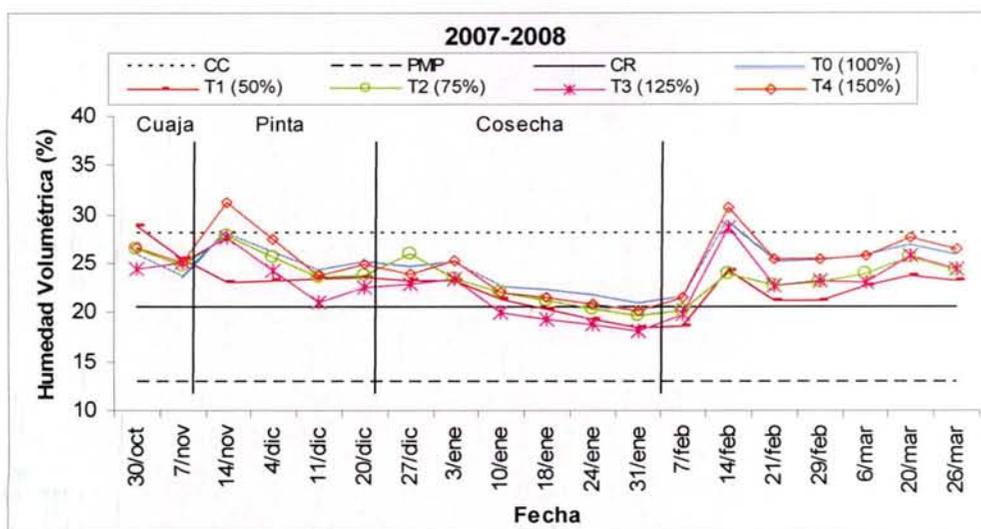


Figura 7.8. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en ensayo Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule.

Cuadro 7.7. Análisis estadístico por fecha del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule.

Tratamiento	07-Nov	14-Nov	11-Dic	27-Dic	10-Ene	31-Ene	07-Feb	14-Feb	29-Feb	26-Mar
T0 (100%)	23,68	28,15	24,28	24,58	22,68	20,83	21,58	29,2	25,28	25,78
T1 (50%)	25,45	23,1	23,45	23,3	21,38	18,58	18,68	24,25	21,28	22,8
T2 (75%)	24,9	27,85	23,63	25,98	22,08	19,73	20,2	23,95	23,08	24,03
T3 (125%)	23,55	27,7	21,05	23,03	20,03	18,25	19,93	28,7	23,3	23,08
T4 (150%)	25,25	31,28	23,73	24,03	22,15	20,18	21,68	30,83	25,45	25,9
Significancia	n.s.									
C.V. (%)	13,71	17,52	10,63	9,13	10,73	13,67	13,04	18,73	11,73	10,4

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$).

Como complemento a la humedad de suelo, en la Figura 7.9 se presenta el comportamiento del potencial hídrico de xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para cada tratamiento. Al respecto se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 7.8), lo cual muestra coherencia con lo observado en la humedad de suelo. En este ensayo el potencial mas bajo llegó a lo -0,6MPa lo cual está lejos de los -1,6MPa descritos por Bryla y Srik (2007) como un valor de estrés para este tipo de variedades.

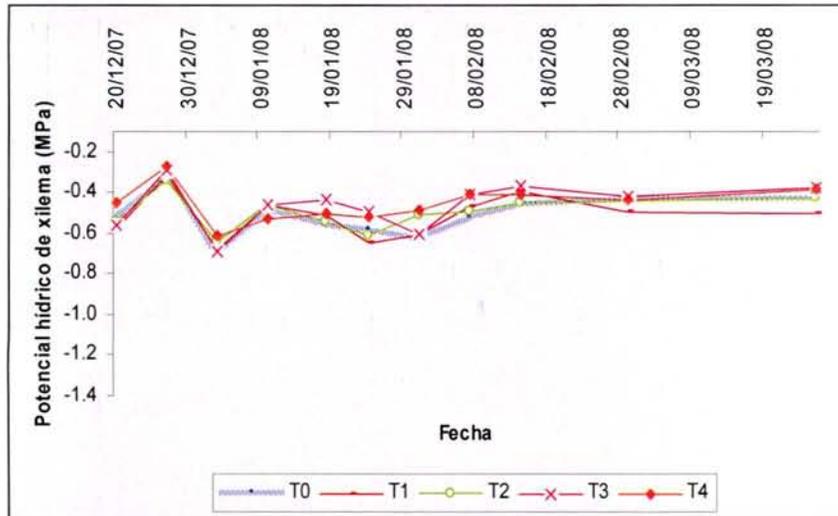


Figura 7.9. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en ensayo Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule.

Cuadro 7.8. Análisis estadístico por fecha del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en Arándano cv. Briggita, durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule.

Tratamiento	27-Dic	10-Ene	18-Ene	31-Ene	07-Feb	14-Feb	29-Feb	26-Mar
T0 (100%)	-0,32	-0,48	-0,55	-0,62	-0,52	-0,45	-0,43	-0,43a
T1 (50%)	-0,31	-0,46	-0,51	-0,6	-0,47	-0,39	-0,49	-0,50b
T2 (75%)	-0,34	-0,46	-0,55	-0,51	-0,49	-0,45	-0,44	-0,42a
T3 (125%)	-0,29	-0,46	-0,43	-0,6	-0,41	-0,37	-0,41	-0,37a
T4 (150%)	-0,27	-0,53	-0,5	-0,48	-0,41	-0,41	-0,43	-0,38a
Significancia	n.s.	**						
C.V. (%)	28,32	30,45	27,04	19,26	22,06	17,73	15,09	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Otro parámetro en estudio fue el porcentaje de cobertura de suelo que en este ensayo (Briggita) no superó para todos los tratamientos el 10% encontrando similitud en lo planteado por Storlie y Eck (1996) con los resultados mostrados, que indica que el coeficiente de cultivo es 1,5 veces el porcentaje de cobertura de suelo, razón por la cual el K_c debería ser del orden de 0,15 como máximo. Como consecuencia de esto, el tratamiento T1 que mostró un K_c de 0,13, no presentó diferencias en el estado hídrico con respecto a los otros tratamientos.

En el caso del ensayo con la variedad Bonita en la Figura 7.10 se muestra la evolución del contenido de agua en el suelo durante la temporada 2008-2009. Aquí se observa claramente la diferencia entre los tratamientos de riego, mostrando la tendencia lógica, complementado con el análisis estadístico del Cuadro 7.9, a excepción del día 19 de enero donde se aprecia que la humedad en el tratamiento T2 (75% ETa) fue mayor que en el tratamiento T0 (100% ETa). Durante la temporada de estudio se observó diferencias significativas entre el tratamiento control y el resto de los tratamientos con lo cual se verifica que las aplicaciones diferenciadas de agua si estaban teniendo efecto en la humedad de suelo, manteniéndose T0 cercano al criterio de riego. También se observa una disminución de la humedad posterior a la cosecha debido a que el riego como tal, se suspendió y sólo se realizaron aplicaciones hídricas como parte del programa de fertirrigación. Cabe destacar el bajo nivel de humedad que mostró T1 en el período de cosecha y posterior a él, manteniéndose peligrosamente cercano a PMP.

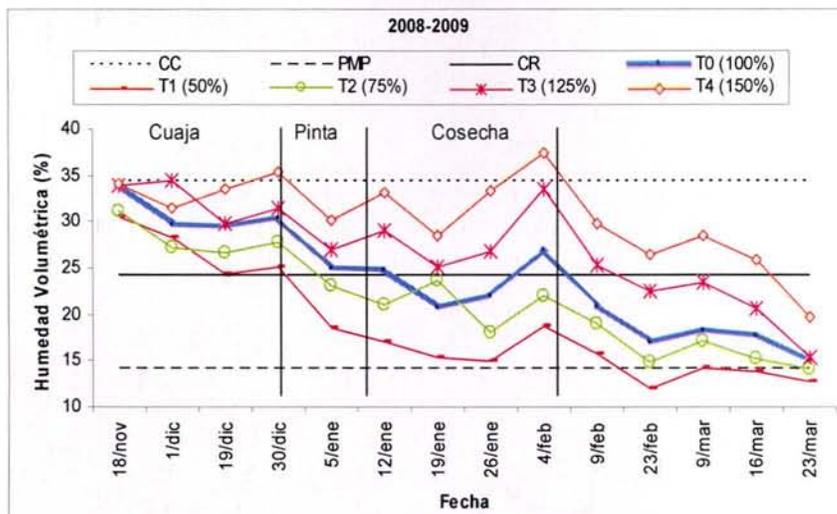


Figura 7.10. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en ensayo Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Cuadro 7.9. Análisis estadístico por fecha del contenido volumétrico de agua en el suelo (%) para diferentes niveles de reposición hídrica en Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Tratamiento	18-Nov	01-Dic	19-Dic	30-Dic	05-Ene	12-Ene	19-Ene
T0 (100%)	33,95b	29,63ab	29,53b	30,53bc	25,07bc	24,90c	20,65ab
T1 (50%)	30,55a	28,45ab	24,37a	25,13a	18,67a	17,13a	15,53a
T2 (75%)	31,13a	27,25a	26,77a	27,77ab	23,13b	21,00b	23,63bc
T3 (125%)	34,03b	34,60c	29,87b	31,57c	27,03cd	29,20d	25,23bc
T4 (150%)	34,23b	31,50bc	33,57c	35,57d	30,30d	33,17e	28,60c
Significancia	*	*	**	**	**	**	**
Tratamiento	26-Ene	04-Feb	09-Feb	23-Feb	09-Mar	16-Mar	23-Mar
T0 (100%)	21,93b	27,12b	20,83b	17,03b	18,33b	17,73b	14,93ab
T1 (50%)	15,00a	18,83a	15,83a	12,00a	14,40a	14,00a	12,90a
T2 (75%)	17,97ab	22,07ab	19,07ab	14,80ab	17,10ab	15,30ab	14,13ab
T3 (125%)	26,83c	33,60c	25,43c	22,47c	23,47c	20,60c	15,50b
T4 (150%)	33,43d	37,65c	29,93d	26,53c	28,63d	26,03d	19,77c
Significancia	**	**	**	**	**	**	**

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$).

En la Figura 7.11 se presenta el comportamiento del potencial hídrico de xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) en el ensayo Bonita para cada tratamiento. Al respecto se observa que en los días de medición 30 de diciembre y 12 de enero no hubo diferencias entre los tratamientos, lo cual se contradice con lo observado en la humedad de suelo donde si se observan diferencias. En cuanto a las otras mediciones (19 de enero y 9 de febrero), si se observa diferencias entre los tratamientos (Cuadro 7.10), ya que la disminución de la carga frutal debido a la cosecha parcializada influiría en la demanda hídrica de las plantas. En este parámetro se observa un estrés en el tratamiento T1 ya que el valor llegó a los -1,5MPa, muy cerca de los -1,6MPa descritos por Bryla y Strik (2007) como un nivel de estrés importante, lo que muestra una relación directa con el contenido de humedad que en este tratamiento llegó a PMP.

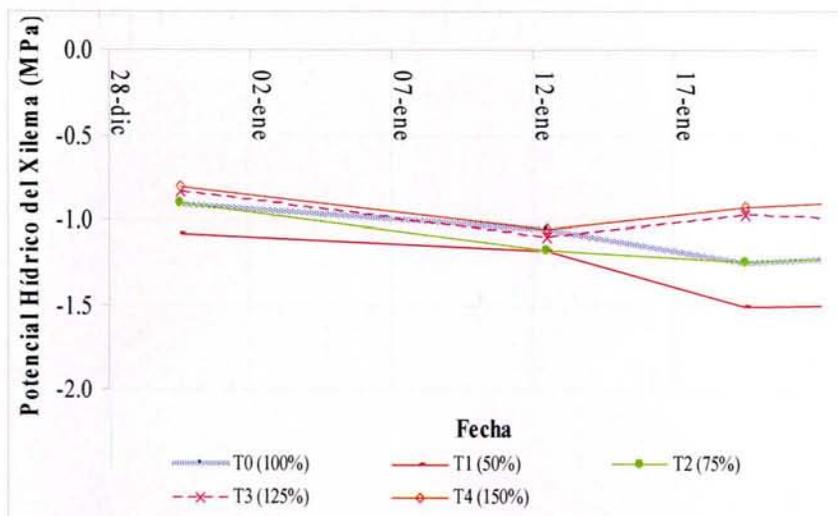


Figura 7.11. Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en ensayo Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Cuadro 7.10. Análisis estadístico por fecha del potencial hídrico del xilema al medio día (Ψ_{md} , MPa) para diferentes niveles de reposición hídrica en Arándano cv. Bonita, durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Tratamiento	30-Dic	12-Ene	19-Ene	09-Feb
T0 (100%)	-0,9	-1,05	-1,25ab	-1,08b
T1 (50%)	-1,08	-1,18	-1,50b	-1,45c
T2 (75%)	-0,9	-1,18	-1,25ab	-1,10b
T3 (125%)	-0,83	-1,1	-0,98a	-1,09ab
T4 (150%)	-0,8	-1,05	-0,93a	-0,74a
Significancia	n.s.	n.s.	*	*
C.V. (%)	29,42	28,84	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

El porcentaje de cobertura en este ensayo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos manteniéndose constante durante el período de evaluación en un 61%, no cumpliéndose la relación propuesta por Storlie y Eck (1996), ya que de ser así el coeficiente de cultivo debería situarse cercano a 0,9 demostrando que sus resultados se aplican solamente en arándanos del tipo highbush.

El análisis estadístico del efecto de los distintos tratamientos de riego sobre los componentes del rendimiento y eficiencia del uso del agua, considerando la cantidad de masa (Kg) de fruta producida según los volúmenes (m^3) de agua utilizado (EUA) durante toda la temporada, se presentan en el Cuadro 7.11 (para la variedad Briggita). Aquí se puede observar que en ninguno de los parámetros de rendimiento existen diferencias significativas, mostrando relación con las tampoco existentes diferencias en humedad de suelo y potencial hídrico de xilema al mediodía. Sólo se observan diferencias significativas en la EUA, donde el T1 muestra el mejor valor, ya que duplica en eficiencia al tratamiento T4, logrando con esto un ahorro significativo de agua para el productor sin afectar los rendimientos.

En consecuencia, los datos obtenidos permiten inferir que complementado con lo señalado por Storlie y Eck (1996), las plantas de arándanos no se sometieron a estrés hídrico, por lo que el productor podría reducir un 50% la cantidad de agua aplicada, sin afectar los

rendimientos, debido al poco desarrollo del cultivo lo que se traduce en una baja cobertura de suelo, permitiendo realizar el ajuste en el Kc para las condiciones de este ensayo.

Cuadro 7.11. Análisis estadístico de los factores del rendimiento y eficiencia en el uso del agua (EUA) en Arándano cv. Briggita durante la temporada 2007-2008. Longaví, Región del Maule.

Tratamiento	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Frutos por planta	Peso fruto (gr)	EUA (Kg m ⁻³)
T0 (100%)	1.172	227	1,43	1,20b
T1 (50%)	1.091	188	1,43	1,84a
T2 (75%)	954	177	1,33	1,20b
T3 (125%)	1.117	199	1,36	0,81b
T4 (150%)	1.300	229	1,38	0,93b
Significancia	n.s.	n.s.	n.s.	**
C.V. (%)	56,15	19,53	19,53	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

En el cuadro 7.12 se muestran los resultados en los parámetros del rendimiento obtenidos a partir de las diferentes reposiciones hídricas para el ensayo de arándanos Bonita considerando el total de fruta cosechada. Aquí se observa que tal como encontró Holzapfel *et al.* (2004) en su ensayo, solo el peso y tamaño del fruto es afectado por un estrés hídrico y no el número de bayas.

El peso de fruto es uno de los elementos usados como parámetro de calidad y en este ensayo los tratamientos con mayor riego (T3 y T4) presentaron los mejores valores, pero no teniendo diferencias estadísticas con T0, el cual mostró la mejor combinación entre rendimiento, peso de fruto y eficiencia en el uso del agua. No se encontraron diferencias en el rendimiento debido a la tendencia inversa presentada entre el número de frutos por planta y el peso medio de estos. También se observa en el Cuadro 7.13 los valores de peso y diámetro de fruto medido en base a muestras tomadas en cada día de cosecha, encontrando una tendencia similar a los resultados que consideran el total de la fruta.

Cuadro 7.12. Análisis estadístico de los factores del rendimiento y eficiencia en el uso del agua (EUA) en Arándano cv. Bonita durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Tratamiento	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Frutos por planta	Peso fruto (gr)	EUA (Kg m ⁻³)
T0 (100%)	12.291	2.407	1,52ab	4,3bc
T1 (50%)	11.707	2.712	1,30b	7,4a
T2 (75%)	11.934	2.477	1,47b	5,3ab
T3 (125%)	12.759	2.222	1,75a	3,6bc
T4 (150%)	10.874	1.899	1,73a	2,6c
Significancia	n.s.	n.s.	**	**
C.V. (%)	24,8	28,3	-	-

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

Cuadro 7.13. Análisis estadístico de los factores de calidad muestreados en Arándano cv. Bonita durante la temporada 2008-2009. Retiro, Región del Maule.

Tratamiento	Peso fruto (gr)	Diámetro de fruto (cm)
T0 (100%)	1,67a	1,44 ^a
T1 (50%)	1,36c	1,32c
T2 (75%)	1,45bc	1,36bc
T3 (125%)	1,51b	1,39b
T4 (150%)	1,78a	1,45 ^a
Significancia	**	**

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de LSD ($p \leq 0,05$). Significancia: ns: no significativo; * significativo ($p < 0,05$); ** altamente significativo ($p < 0,01$), c.v.: coeficiente de variación.

7.4. Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos para las condiciones locales en el ensayo de arándanos Bonita, y tomando en cuenta que las diferencias de rendimiento se establecen en los parámetros de diámetro y peso de fruto (interés comercial) se puede concluir que el tratamiento con mejores resultados y mayor eficiencia es T0 con coeficientes de cultivo

muy similares a los tomados de literatura que son: floración, 0,2, cuaja, 0,5, pinta, 0,5 y cosecha, 0,4.

Por otra parte, según los potenciales de xilema medidos a medio día, se puede concluir que a partir de las primeras cosechas de fruta es posible manejar el cultivo a niveles de aproximadamente de -1,0MPa, esto sin afectar el deshidratado y desarrollo máximo de bayas.

En cuanto al ensayo en arándanos Briggita, al no observarse diferencias en parámetros físicos y fisiológicos, se puede inferir un coeficiente de cultivo para las condiciones de este estudio de no mas de: floración 0,11, cuaja, 0,21, pinta, 0,13, cosecha, 0,10. Se considera que el Kc en el período de cuaja, debido a la proyección de sombra, puede ser reducido a 0,15 sin afectar los parámetros del rendimiento, logrando con esto una reducción importante en el uso del agua.

7.5. Bibliografía

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio Fao Riego y Drenaje N°56. Roma, Italia, 298 pág.

Améglio, T., Le Roux, X., Mingeau, M. and Perrier, C. 2000. Water relations of highbush blueberry under drought conditions. *Acta Hort. (ISHS)* 537: 273-278.

Bates, B., Kundzewicz Z., Wu, S. and Palutikof, J. 2008. Climate change and water. Technical. Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Bryla, D. and Linderman, R. 2007. Implications of irrigation method and amount of water application on phytophthora and pythium infection and severity of root rot in highbush blueberry. HortScience 42: 1463-1467.

Bryla, D. and Strik, B. 2005. Water requirements of high bush blueberry cultivars planted at normal and high density spacings. HortScience 40: 1058-d-1059.

Bryla, D. and Strik, B. 2007. Effects of cultivar and plant spacing on the seasonal water requirements of highbush blueberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 270-277.

Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN. 2007. Catastro frutícola, Región del Maule. Principales resultados. Santiago, Chile, 48 pág.

Cochard, H., Forestier, S. and Améglio, T. 2001. A new validation of the Scholander pressure chamber technique based on stem diameter variations. Journal of Experimental Botany 52 (359): 1361-1365.

Davies, F. and Johnson, C. 1982. Water Stress, Growth, and Critical Water Potentials of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). Journal American Society of Horticultural Science 107 (1): 6-8.

Doorenbos, J. y Pruitt, W. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio Riego y Drenaje N° 24. FAO, Roma, Italia. 194 pág.

Flinn, C. and Ashworth, E. 1994. Seasonal changes in ice distribution and xylem development in blueberry flower buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 1176-1184.

Glass, V., Percival, D. and Proctor, J. 1999. Does water availability influence photosynthesis and yield components of the lowbush blueberry (*Vaccinium Angustifolium* ait.)?. HortScience 34: 498.

Glass, V., Percival, D. and Proctor, J. 2003. Influence of decreasing soil moisture on stem water potential, transpiration rate and carbon exchange rate of the lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) in a controlled environment. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 78 (3): 359-364.

Haman, D., Smajstrla, A. and Lyrene, P. 1988. Blueberry response to irrigation and ground cover. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 101: 235-238.

Haman, D., Smajstrla, A., Pritchard, R. and Lyrene, P. 1997. Response of young blueberry plants to irrigation in florida. *HortScience* 32: 1194-1196.

Holzapfel, E., Hepp, R. And Mariño, M. 2004. Effect of irrigation on fruit production in blueberry. *Agricultural Water Management* 67: 173-184.

IREN-CORFO. 1979. Distritos agroclimáticos de la VII Región. Santiago, Chile, 161 pág.

Lyrene, P. 1994. Environmental effects on blueberry flower size and shape are minor. *Journal American Society of Horticultural Science* 119 (5):1043-1045.

Patterson, W. 1993. Yield and vegetative growth of highbush blueberries as influenced by irrigation regime. *HortScience* 28: 265-e.

Perrier, C., Mingeau, M. and Améglio, T. 2000. Effects of water stress on transpiration, radial growth and yield in highbush blueberry. *Acta Hort. (ISHS)* 537:923-928.

Spiers, J. 1996. Established “Tifblue” rabbiteye blueberries respond to irrigation and fertilization. *HortScience* 31: 1167-1168.

Storlie, C. and Eck, P. 1996. Lysimeter-based crop coefficients for young highbush blueberries. *HortScience* 31: 819-822.

Valenzuela-Estrada, L., Richards J., Diaz A., and Eissensat D. 2009. Patterns of nocturnal rehydration in root tissues of *Vaccinium corymbosum* L. under severe drought conditions. *Journal of Experimental Botany* 60 (4): 1241-1247.

Yang, W., Bryla, D. and Strik, B. 2005. Plant water use differs among three mature highbush blueberry cultivars. *HortScience* 40: 1127-b.