



COMISION NACIONAL DE RIEGO
Departamento de Proyectos

UNIVERSIDAD DE TALCA
Servicio Integrado de Agroclimatología y Riego
(SIAR)

**"PROGRAMA DE APLICACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE RIEGO AL SISTEMA
PRODUCTIVO DEL VALLE DE PENCAHUE,
VII REGIÓN".**

INFORME FINAL

Talca, Septiembre de 1999

Equipo Profesional:

SR. SAMUEL ORTEGA F, Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph. D. Jefe proyecto y programación del riego.

SR. YERKO MORENO S, Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph. D. Asesor en Viñas y Olivos.

SR. EUGENIO RODRIGUEZ, Ingeniero Agrónomo, Asesor en Riego Tecnificado.

SR. CÉSAR ACEVEDO, Ingeniero Agrónomo, administrador de unidad de validación Corinto.

Personal de Apoyo:

SR. LORENZO LEÓN G.: Egresado de Agronomía, Asistente de investigación.

Obrero Agrícola:

SR. OSCAR AQUILES AVILA: Obrero agrícola permanente.

PREÁMBULO

El canal Pencahue, la primera de una serie de grandes obra de riego construida durante la última década, ha permitido, transformar una zona de 12.000 hectáreas de secano a pleno riego. Su clima privilegiado ha permitido el desarrollo y la adaptación de una gran variedad de especies hortofrutícolas entre las cuales destacan el tomate industrial, la remolacha, el maíz, los melones y en forma especial las vides viníferas finas que han tenido un desarrollo espectacular expresado en términos de una gran superficie regado con sistemas de riego por goteo .

Desde el año 1992 la Comisión Nacional de Riego ha estado preocupada por entregar nuevas alternativas hortofrutícolas para los agricultores de la zona y a capacitar y demostrar a los agricultores y extensionistas del área las técnicas de riego más apropiadas para los difíciles condiciones de suelo.

Dentro de las especies frutales que la Comisión ha estudiado e investigado que tienen buenas posibilidades de mercado está el arándano, la frambuesa, la mora híbrida y el olivo, especies en las que se lleva tres años investigando su adaptación y donde los resultados obtenidos hasta la fecha demuestran una gran adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona

Por otra parte también se ha avanzado en perfeccionar la operación de los sistemas a través de la programación del riego con la utilización de bandejas de evaporación y de estaciones agrometeorológicas automáticas que permitirán optimizar la aplicación del agua a los cultivos.

Además de lo anterior se han realizado concursos especiales de la Ley N° 18.450 de Fomento al riego para la zona que han permitido la puesta en riego de un porcentaje apreciable de predios. También se han realizado estudios de diagnóstico de la situación agrocomercial de dicho valle y propuestas de desarrollo que han permitido orientar la gestión comercial de los pequeños productores del valle de Pencahue.

Las acciones antes señaladas se enmarcan dentro del concepto de desarrollo integral de las áreas regadas que inspira al gobierno, esto es que la construcción de la obra civil debe ir acompañada de una serie de acciones complementarias como la puesta en riego, la investigación y transferencia tecnológica la capacitación de los agricultores y profesionales, créditos para la puesta en producción, estudios de mercados, agroindustrialización y otros.

ERNESTO SHULBACH BORQUEZ
SECRETARIO EJECUTIVO
COMISION NACIONAL DE RIEGO

INDICE DE MATERIAS

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
II. RESUMEN Y RESULTADOS TEMPORADA 1992 A 1999.....	3
2.1 ACTIVIDADES PERÍODO 1997 A 1999.....	4
III. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MÓDULO DE CORINTO.....	5
3.1 JUSTIFICACIÓN.....	5
3.2 METODOLOGÍA.....	6
3.3 INVESTIGACIÓN.....	7
3.3.1 Ubicación del Ensayo.....	7
3.3.2 Aspectos Climáticos.....	7
3.3.3 Suelo.....	8
3.3.4 Riego.....	9
3.4 METODOLOGÍA DE MUESTREO.....	10
3.4.1 Fenología.....	10
3.4.2 Potencial productivo.....	11
3.5 FENOLOGÍA.....	12
3.5.1 Frambuesas.....	12
3.5.2 Mora híbrida.....	13
3.5.3 Arándano.....	13
3.6 POTENCIAL PRODUCTIVO.....	15
3.6.1 Frambuesa.....	15
3.6.2 Mora híbrida.....	16
3.6.3 Arándano.....	16
3.7 Efecto del déficit hídrico sobre rendimiento y calidad de tomate industrial.....	19
3.7.1 Resumen.....	19
3.7.2 Descripción general del ensayo.....	19
3.7.3 Metodología.....	20
3.7.4 Evaluaciones.....	20
3.7.4.1 Contenido de humedad del suelo.....	20
3.7.4.2 Rendimiento.....	20
3.7.5 Calidad del fruto.....	21
3.7.5.1 Sólidos solubles.....	21
3.7.5.2 PH.....	21
3.7.5.3 Color.....	21

3.7.6 Rendimiento industrial.....	22
3.7.7 Resultados.....	23
3.8 PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN CORINTO	
3.8.1 Introducción.....	25
3.8.2 Cálculo de las necesidades de riego.....	25
3.8.3 Mediciones.....	26
3.8.3.1 Evaporación.....	26
3.8.3.2 Humedad del Suelo.....	27
3.8.4 Frambuesa.....	28
3.8.5 Mora híbrida.....	29
3.8.6 Arándano.....	30
3.9 ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN	
3.9.1 Curso: “Requerimiento Hídrico de los Cultivos”.....	32
3.9.1.1 Programa del curso.....	32
3.9.1.2 Participantes.....	32
IV. ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN.....	33
4.1 DÍAS DE CAMPO:	
4.1.1 Manejo Agronómico en Berries.....	33
4.1.2 Sistema de riego.....	33
4.1.3 Programación del riego.....	34
4.1.4 Conclusiones.....	34
4.2 Cartilla de divulgación programación del riego.....	37
V. INFORME TÉCNICO.....	39
5.1 PRÁCTICAS CULTURALES	39
5.1.1 FRAMBRUESA.....	39
5.1.1.1 Labores realizadas.....	40
5.1.1.2 Poda.....	40
5.1.1.3 Fertilización.....	41
5.1.1.4 Control de Malezas.....	42
5.1.1.5 Control de Plagas y Enfermedades.....	42
5.1.2 MORA HÍBRIDA.....	44
5.1.2.1 Labores realizadas.....	44
5.1.2.2 Poda.....	45
5.1.2.3 Fertilización.....	45
5.1.2.4 Control de Malezas.....	46
5.1.2.5 Control de Plagas y Enfermedades.....	47

5.1.3 ARÁNDANO.....	49
5.1.3.1 Labores realizadas.....	50
5.1.3.2 Poda.....	50
5.1.3.3 Fertilización.....	50
5.1.3.4 Control de Malezas.....	51
5.1.3.5 Control de Plagas y Enfermedades.....	51
5.1.4 OLIVO.....	53
5.1.4.1 Objetivos.....	54
5.1.4.2 Metodología.....	54
5.1.4.3 Sistema de conducción.....	54
5.1.4.4 Labores de plantación.....	55
5.1.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DE CORINTO.....	58
5.1.6 PROBLEMAS DETECTADOS.....	59
5.1.7 SOLUCIONES.....	59
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MÓDULO DE BOTALCURA	
6.1 Justificación.....	62
6.2 Objetivos.....	62
6.3 Metodología.....	62
6.4 PRÁCTICAS CULTURALES VIDES DE BOTALCURA	
6.4.1 Vides.....	67
6.4.2 Fertilización.....	67
6.4.3 Poda amarre y desbrote.....	67
6.4.4 Preparación del suelo.....	67
6.4.5 Plagas y enfermedades.....	68
6.5 SISTEMA DE RIEGO BOTALCURA.....	69
6.5.1 Problemas detectados.....	69
6.5.2 Soluciones.....	69
6.6 INFORME DOCENCIA	
6.6.1 Practicas estivales.....	71
6.6.2 Tesis.....	71
VII.- CONCLUSIONES.....	72
VIII.- Recomendación.....	74
IX.- Propuesta de continuidad del programa de transferencia tecnológica en riego y cultivos para el valle de Pencahue.....	75

9.1 Manejo y Mantenición de Sistemas de riego por Goteo.....	75
9.2 Propuesta de programación del riego.....	78
9.2.1 Justificación.....	78
9.2.2 capacitación.....	78
9.2.3 Investigación.....	80
9.2.3.1 Justificación.....	80
9.2.3.2 Desarrollo de coeficientes de cultivo.....	80
X. ANEXOS.....	84

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades físico hídricas de la serie Rauquen, sector Corinto, Penciahue.	8
Cuadro 2. Ocurrencia de etapas fenológicas de la frambuesa desde brotación a cosecha, para las temporadas 97-98 y 98-99	12
Cuadro 3. Etapa fenológica de mora híbrida regada por goteo en parcela demostrativa Corinto, temporada 97/98; 98/99.	13
Cuadro 4. Desarrollo Fenológico de Arándano, temporadas 97-98 y 98-99 en la unidad de validación Corinto.	14
Cuadro 5. Rendimiento total (kg./há.) en Frambuesa Temporadas 97-98 y 98-99 para la Zona de Corinto (Penciahue, VII región).	15
Cuadro 6. Rendimiento total (kg./há.) en mora híbrida para la zona de Corinto (Penciahue VII región).	16
Cuadro 7. Rendimiento Estimado por ha. en Arándanos en Corinto, Penciahue. Temporadas 97/98 y 98-99 ^z .	17
Cuadro 8. Evolución de tamaño de frutos por fecha y variedad.	18
Cuadro 9. Rendimiento comercial, rendimiento no comercial y rendimiento industrial de tomate para procesamiento Heinz 9663.	23
Cuadro 10. Sólidos solubles (° brix) y mediciones globales de pH en tomate industrial Heinz 9663.	24
Cuadro 11. Programación mensual del Riego en Frambuesa temporadas 97-98 y 98-99 (Corinto, Penciahue).	29
Cuadro 12. Programación de Riego en Mora híbrida Temporadas 97-98 y 98-99 (Corinto, Penciahue)	30
Cuadro 13. Programación de Riego en Arándanos Temporadas 97-98 y 98-99 (Corinto, Penciahue).	31
Cuadro 14. Cuadro resumen de los días de Campo realizados	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de sistema de riego por goteo, parcela de validación Corinto	9
Figura 2. Uso de Time Domain Reflectometry (TDR) para monitorear la humedad del suelo.	27
Figura 3. Días de campo parcela de validación Corinto	36
Figura 4. Portada de cartilla de divulgación sobre “Programación del Riego”	38
Figura 5. Producción de frambuesa en el módulo de validación de Corinto.	43
Figura 6. Producción de Mora híbrida en el módulo de validación de Corinto.	48
Figura 7. Producción de Arándanos en el módulo de validación de Corinto.	52
Figura 8. Huerto de olivos en formación, orientados a ser formados bajo tres sistemas distintos de conducción.	57
Figura 9. Esquema original de la instalación del sistema de riego en frutales menores en la unidad de validación de Corinto, antes de ser resectorizado.	61
Figura 10. Nuevo Diseño (resectorizado) del módulo de validación Corinto	61
Figura 11. Producción de Uva cultivar Cabernet sauvignon en el módulo de validación de Botalcura.	65
Figura 12. Esquema de la instalación del sistemas de riego en la unidad de validación de Botalcura.	66

ANEXOS

Tabla N° 1. Peso promedio (g) de fruto para tres fechas de muestreo en frambuesa (primera flor) y mora híbrida temporada 98-99.	85
Tabla N° 2. Rendimiento por metro lineal (g) para tres fechas de muestreo en frambuesas (primera flor) y mora híbrida temporada 98-99.	85
Tabla N° 3. Rendimiento por metro lineal (g) para tres fechas de muestreo en frambuesas (segunda flor).	85
Tabla N° 4. Rendimiento de frambuesa temporada 1997-98 en unidad de validación Corinto.	85
Tabla N° 5. Rendimiento de frambuesa temporada 1998-99 en unidad de validación Corinto.	85
Tabla N° 6. Características generales de Arándano, de las variedades presentes en la parcela	86
Tabla N° 7. Rendimiento de Arándanos (Kg/ha) en la subestación experimental	86
Tabla N° 8. Evolución de rendimiento (Kg/ha) en cultivar Coville en Subestación Experimental Cauquenes. Cuarta a octava temorada.	86
Tabla N° 9. Los períodos aproximados de cosecha para cada uno de los cultivares de arándanos temporada 97-98 en Penciahue serían.	87
Tabla N° 10. Componentes del Rendimiento en Arándanos para Corinto, Penciahue Temporada 97-98 ^z	87
Tabla N° 11. Componentes del Rendimiento en Arándanos para Corinto, Penciahue Temporada 98-99 ^z .	87
Tabla N° 12. Coeficientes de cultivo por etapas fenológicas, para arándano, mora híbrida y frambuesa.	88
Protocolo de Instalación y medición de bandeja. (anexo N° 13)	88
Tabla N° 14. Programación semanal del riego en Frambuesas temporada estival 1998-99	90
Tabla N° 15. Programación semanal del riego en Mora híbrida temporada estival 1998-99	91

Tabla N° 16. Programación semanal del riego en Arándano temporada estival 1998-99	92
Tabla 17. Coeficientes de bandeja, según velocidad del viento y H. relativa.	93
Topografía del Sistema de riego, Módulo de Corinto.	94
Calendario Actividades labores realizadas en Frambuesa, temporadas 97/98 y 98/99 en unidad de validación Corinto.	95
Calendario Actividades labores realizadas en Mora híbrida, temporadas 97/98 y 98/99 en unidad de validación Corinto..	96
Calendario Actividades labores realizadas en arándano, temporadas 97/98 y 98/99 en unidad de validación Corinto.	97
Tabla Cálculo de Altura Manométrica Crítica del Sistema.	98
Cartilla de Divulgación: "Programación del riego"	99
Datos de Evaporación de bandeja temporada 98/99.	119

I.- INTRODUCCIÓN

La escasez de agua en las distintas zonas de riego de nuestro país producto de las frecuentes sequías y la fuerte competencia por el recurso hídrico entre las empresas hidroeléctricas y el sector agrícola unido a una deficiente utilización del recurso agua tanto en sistemas de riego superficial como mecanizado, ha generado importantes pérdidas económicas en el sector agrícola, siendo la zona central y en especial la VII región una de las más afectadas. Así, las sequías sufridas durante las temporadas 1989/90 y 1995/96 ocasionaron pérdidas millonarias que ascendieron a US\$ 500 y US\$ 600 millones de dólares, respectivamente. Este problema adquiere mayor relevancia si se considera que en esta zona se concentra gran parte de la superficie agrícola del país.

Por otro lado para aumentar la seguridad de riego en la agricultura, el Estado ha fomentado la inversión privada en obras de riego a través de la Ley 18.450, la cual ha permitido incrementar la instalación de sistemas de riego presurizado y mejorar la infraestructura de conducción y acumulación de agua. A pesar de este gran esfuerzo, se observa que la programación del riego es muy deficiente y es común encontrar que los volúmenes de agua aplicados no se ajustan a las condiciones específicas de suelo, clima, cultivo y manejo agronómico, observándose una eficiencia general de riego que no supera el 30%.

El canal Penciahue considerada la primera gran obra de riego construida durante la última década se esta incorporando sostenidamente a una agricultura rentable entre la cual destaca las vides viníferas y hortalizas. A ello ha contribuido la CNR a través del establecimiento de sistemas de riego en cultivos con mercados seguros para demostrar las diversas alternativas a los agricultores del área.

La CNR viene realizando estas actividades desde el año 1992 a través del INIA y en 1997 contrató a la Universidad de Talca, a través, del Servicio integrado de Agroclimatología y Riego (SIAR) para continuar con el estudio de adaptación de frutales menores en los sectores de Corinto y Botalcura en el Valle de Penciahue,

Además, de este estudio se planteó la necesidad de evaluar los rendimientos potenciales de estas especies, la programación del riego y actividades de divulgación y capacitación en riego de agricultores, técnicos y agrónomos de región.

1.1 Objetivo General:

Impulsar el desarrollo agrícola del Valle de Pencahue fomentando el uso racional de los recursos hídricos, incentivando la producción de cultivos rentables con mercados seguros.

1.2 Objetivos Específicos

- Dar respuesta a interrogantes sobre el comportamiento agronómico de Frambuesa, Arándano, Mora híbrida, Olivos y Vides regadas por goteo en los sectores de CORINTO y BOTALCURA.
- Cuantificar el consumo de agua de los frutales, con la finalidad de realizar la programación del riego, según las demandas edafoclimáticas de las zonas de CORINTO y BOTALCURA.
- Realizar actividades de extensión y difusión dirigidos a agricultores, técnicos y profesionales relacionados con el agro.

II.- RESUMEN ACTIVIDADES Y RESULTADOS TEMPORADAS 1992 A 1999

El proyecto canal de Pencahue contempló la construcción de un canal matriz de 30 km de longitud con un caudal de diseño de 12 m³/s, el cual conduce aguas del río Lircay, hasta el sector de punta de Pichiman. Las obras principales corresponden a la bocatoma sifón Panguilemo y Río Claro de 150 y 1.370 metros de longitud, respectivamente. El regadío del valle de Pencahue permitió incorporar cerca de 11.000 hectáreas de secano al riego y es una de las primeras grandes obras de riego construidas bajo la concepción de Desarrollo Agrícola Integral, la cual incluye, entre otros elementos, investigación tecnológica en riego y su transferencia a los usuarios.

A continuación se resumen las principales actividades y logros obtenidos del "Programa de aplicación de tecnologías de riego al sistema productivo del valle de Pencahue, VII región".

Es importante señalar que este programa fue llevado a cabo por dos consultoras. En una primera instancia en el período comprendido entre 1992 a 1997, el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), efectuó labores de Investigación y transferencia en tecnologías de riego aplicadas a la producción de frutales menores y viñas. Desde abril de 1997 a marzo de 1999, la Universidad de Talca, a través del Servicio Integrado Agroclimatología y Riego (SIAR), se hizo cargo de los módulos de Corinto y Botalcura, donde realizó investigación y transferencia en tecnologías de riego en frutales menores y viñas.

2.1 ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO 1997-99.

Este período de actividades estuvo a cargo del servicio Integrado de Agroclimatología y Riego (SIAR), de la Universidad de Talca. El cual comprende el trabajo in extenso que incluye el presente informe.

En este período se trabajó en los mismos módulos demostrativos señalados en el punto anterior, los cuales fueron orientados principalmente a la producción de frutales menores (arándano, frambuesa y mora híbrida) y establecimiento de olivos para el caso del módulo de Corinto. En el caso de Botalcura sólo se orientó a la producción de viñas finas (var. *Cabernet sauvignon*).

El estudio realizado se concentró principalmente en determinar el potencial productivo de frutales menores, viñas y olivos a las condiciones edafoclimáticas específicas del valle de Penciahue, asociadas principalmente al manejo integral del agua de riego (programación del riego) con su posterior divulgación a agricultores, técnicos y profesionales de la región.

III.- ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MODULO DEMOSTRATIVO DE CORINTO

3.1 JUSTIFICACIÓN

Corinto presenta condiciones climáticas un tanto diferentes al resto del valle de Pencahue por su cercanía al río Maule, debido a esto se decidió evaluar el comportamiento de ciertos cultivos de frutales menores bajo las condiciones particulares de la zona.

Los frutales menores son cultivos de alta rentabilidad que pueden ser producidos en el valle de Pencahue y comercializados en empresas de Curicó y Linares. Las ventajas comparativas del valle dada su condición climática de alta radiación y temperatura, permitiría obtener producciones anticipadas en comparación al resto de la provincia, abriendo así una nueva posibilidad productiva para los agricultores de Pencahue, como lo sería la producción de berries.

De acuerdo a lo anterior se decidió trabajar en un módulo de validación con frutales menores, con la finalidad de determinar la aclimatación de estas especies y su comportamiento bajo condiciones de riego localizado, entregando respuestas a interrogantes relacionadas con el manejo del agua y su influencia en la producción y calidad del producto final en las condiciones agroecológicas propias del sector de Corinto.

3.2 METODOLOGÍA

Se estableció una parcela demostrativa de 0,75 há. de frutales menores, las cuales fueron plantadas con arándanos, mora híbrida y frambuesa, durante la temporada 1995. Posteriormente, en enero de 1998 se realizó la plantación de 1,0 há, de olivos regados por goteo bajo tres sistemas de conducción vaso tradicional, monocono y ceto.

Es importante señalar que la Universidad de Talca, a través, del Servicio Integrado de Agroclimatología y Riego (SIAR), se hizo cargo del proyecto “Programa de aplicación de tecnologías de riego al sistema productivo del valle de Pencahue” en abril de 1997, para dar cumplimiento a las etapas restantes de este proyecto.

En el momento que el equipo SIAR se hizo cargo de la unidad de validación Corinto, los cultivos de frutales menores establecidos allí, se encontraban en pésimas condiciones, debido a un deficiente manejo del riego, control de malezas y poda. Además se encontró un manejo inadecuado de la infraestructura de riego (cabezal y laterales de riego), una mala sectorización del sistema e inadecuado manejo de retrolavados.

Debido a lo anterior, el equipo SIAR debió modificar el programa de actividades durante la temporada 1997-98, para corregir los problemas encontrados en el módulo de Corinto. Esta modificación consistió en retrasar para la temporada 1998-99, las actividades de extensión y difusión, las cuales fueron realizadas en su totalidad.

3.3 INVESTIGACIÓN

3.3.1 Ubicación del Ensayo:

Este proyecto fue desarrollado en el valle de Pencahue, sector Corinto, en el predio Pocoa perteneciente al señor Eduardo Pozo (35° 26' latitud sur, 71° 51' longitud oeste; 45 metros sobre el nivel del mar), durante el período comprendido entre Abril de 1997 y Marzo de 1999.

3.3.2 Aspectos Climáticos:

La zona del valle de Pencahue (Corinto y Botalcura), que pertenecen al Distrito agroclimático de la Vertiente Oriental de la cordillera de la Costa, se encuentran protegidos del efecto moderador de la temperatura y de la humedad del aire que ejerce la brisa costera, por lo cual las temperaturas adquieren un ritmo continental caracterizado por altas temperaturas en verano y disminución pronunciada en invierno. Las máximas medias de enero ascienden hasta 30° C y las mínimas medias de julio se ubican levemente por debajo de los 5° C. La oscilación entre las temperaturas medias de Octubre-Marzo y Junio-Agosto varía en el rango 8,8° C a 9,9° C. El período libre de heladas se acorta hacia el valle central y hacia el sur, de 300 a 260 días y el período de receso vegetativo permanece en tres meses en toda el área. La acumulación de temperatura efectiva sobre 10° C entre septiembre y febrero oscilan entre 1.025 y 1.360 grados-día. La acumulación de frío aumenta con la proximidad al valle central y varía entre 900 y 1.110 horas anuales.

Debido al efecto de sombra pluviométrica y a la disminución de la humedad relativa del aire, particularmente durante el verano, el período seco dura de 5 a 7 meses y los montos de déficit hídrico van de 600 a 794 mm en el período seco. El clima es xérico y la precipitación media anual es de 605 mm. con una temperatura media anual de 14,9 °C.

3.3.3 Suelo:

El suelo de la parcela de validación Corinto pertenece a la serie Rauquén, plano, con ligero microrelieve, en posición de terraza aluvial, moderadamente profundo, de color pardo amarillento oscuro, de textura franca en superficie, y franco arenosa a areno francosa, en profundidad. Presentan buena porosidad y arraigamiento, en todo el perfil.

La profundidad efectiva del suelo varía entre 30 y más de 80 cm., sobre un sustrato aluvial constituido por grava, piedras y bolones de hasta 25 cm. de diámetro, de origen mixto que ocupan entre el 65 y 95% del volumen, con matriz arenosa a arenosa gruesa. El promedio de la temperatura anual del suelo a 50 cm. de profundidad, se estima que varía entre 15 y 16 °C.

Presenta un buen drenaje, permeabilidad moderada y escurrimiento superficial lento. Pero en cierto sectores el drenaje varía de excesivo a imperfecto, dependiendo de la posición que ocupe el suelo y el substratum, ya que en ciertos sectores se presenta sobre substratum moderadamente fino.

Los suelos asociados a esta serie son la de Los Puercos, Las Doscientas y Penciahue, aunque estas ocupan otras posiciones.

En el cuadro 1, se presentan las propiedades físico-hídricas de la serie Rauquen, sector Corinto, Valle de penciahue.

Cuadro N° 1. Propiedades físico hídricas de la serie Rauquen, sector Corinto, Penciahue.

Propiedades	Profundidad			
	0-20 (cm)	20-54 (cm)	54-87 (cm)	87-130 (cm)
Físico Hídricas				
Textura	F	F	Fa	Fa
Densidad aparente (gr/cm³)	1,4	1,6	1,4	1,4
Capacidad de campo	24	22	18	10
P. Marchitez Permanente	15	14	12	7
Humedad Aprovechable (%)	9	8	6	3

(CIREN, 1985).

3.3.4 Riego:

Se utilizó un sistema de riego por goteo, con una distancia entre emisores de 1m. para arándanos y 0,5 m. para frambuesa y mora, con una separación de 3m entre las línea de goteros. El caudal de entrega de cada emisor fue de 4 l/hr a una presión de trabajo de 14 psi (libras/pulg²), la cual se muestreó mensualmente, a través de manómetros.

El sistema de riego se encuentra dividido en cinco sectores con una superficie aproximada de 1300 m² cada uno, los cuales son manejados en forma independiente a través de válvulas de bola. El sistema cuenta con un cabezal de riego constituido por dos filtros de grava y uno de malla.

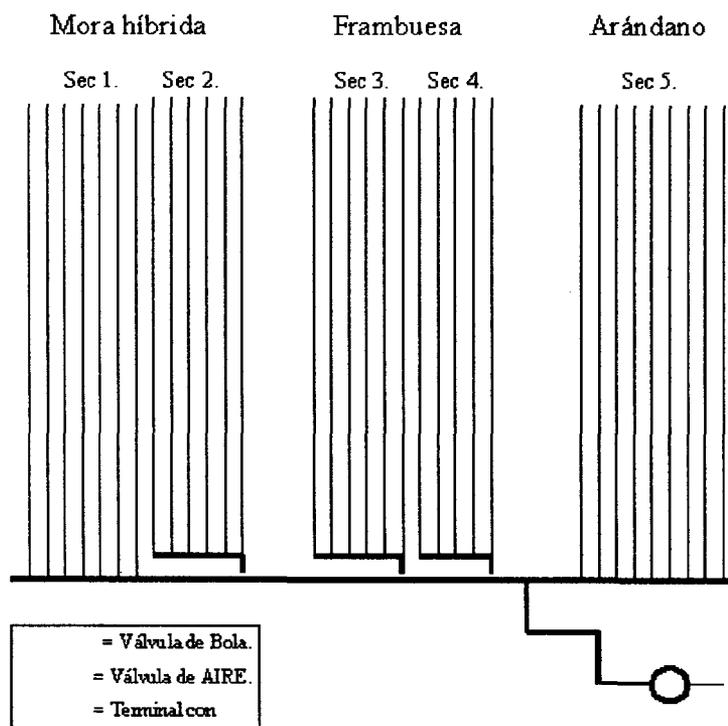


Figura 1: Esquema del sistema de riego por goteo, parcela de validación Corinto

3.4 METODOLOGÍA DE MUESTREO

3.4.1 Fenología:

Para determinar la evolución de la fenología de los cultivos en estudio, se realizó muestreos visuales en terreno desde septiembre (brotación) hasta el fin del período de cada cultivo (cosecha), con una frecuencia de mediciones semanal, para cada una de las temporadas de estudio.

Las etapas fenológicas definidas para estas especies fueron: brotación, floración, cuaja, pinta y cosecha, para cada una de las cuales se determinó su fecha de ocurrencia.

Brotación: cuando la primera hoja de la yema se presentó totalmente extendida.

Floración: en arándanos se consideró como floración cuando se observó un 50% de las flores abiertas. En mora híbrida y frambuesa se consideró plena flor al presentarse un 70 a 80% de flores abiertas.

Cuja: en arándanos se considera cuaja cuando el 50 a 70% de las flores presentaron caída de pétalos dentro del racimo floral, para el caso de mora híbrida y frambuesa esta etapa se presenta cuando el 80% de las flores presentaron caída de pétalos.

Pinta: en arándanos se considera pinta cuando el 50 a 70% de los frutos se presentaron coloreados, en mora híbrida y frambuesa se consideró pinta se alcanzó un 80% de frutos coloreados.

Cosecha: en arándanos se considera inicio de cosecha cuando el 40 a 50% de los frutos están aptos para ser consumidos; en mora híbrida y frambuesa la cosecha comienza cuando el 80% de los frutos se presentaron aptos para el consumo.

3.4.2 Potencial productivo:

La evaluación del rendimiento en los distintos cultivos, se efectuó por medio de un muestreo aleatorio. Así para el caso de frambuesa y mora se extrajo un total de 10 metros lineales de fruta repartidos en muestreos de 1 metro lineal, los cuales fueron elegidos en forma aleatoria, considerando la carga promedio característica de cada una de las parcelas. En arándanos se cosechó un total de 10 plantas, eligiendo aquellas que presentaron un crecimiento promedio.

Se realizaron tres muestreos cada 10 días a partir del 15 de noviembre, para mora híbrida, frambuesa (primera flor) y arándanos. Para el caso de la segunda flor en frambuesas se efectuaron desde la segunda quincena de febrero en adelante.

3.5 FENOLOGÍA

En los cuadros 2 y 3, se puede observar que en la temporada 98-99 los eventos fenológicos tanto en frambuesa como en mora híbrida ocurrieron más tempranamente que los del 97-98. Esto puede estar explicado primero por el anticipado cumplimiento de los requerimientos de frío (horas de frío acumulados) y segundo, por una posterior acumulación térmica igualmente adelantada durante los meses estivales (días grado acumulados). En relación a lo anterior, las mayores temperaturas medias registradas durante el 98-99, serían producto de la influencia ejercida por el fenómeno de la Niña, contrariamente a lo ocurrido durante el período 97-98 donde se observó el fenómeno del Niño.

3.5.1 Frambuesas:

Cuadro 2: Ocurrencia de etapas fenológicas de la frambuesa desde brotación a cosecha, para las temporadas 97-98 y 98-99:

Etapas Fenológicas	FRAMBUESA			
	Temporada 97/98		Temporada 98/99	
	1 ^{ra} Flor	2 ^{da} Flor	1 ^{ra} Flor	2 ^{da} Flor
Brotación	10-09-97	-----	06-09-98	-----
Floración	20-09-97	07-01-98	24-10-98	03-01-99
Cuaja	08-11-97	18-01-98	01-11-98	13-01-99
Pinta	17-11-97	04-02-98	12-11-98	01-02-99
Cosecha	28-12-97	16-02-98	22-11-98	12-02-99

3.5.2 Mora híbrida:

Cuadro 3: Etapas fenológicas de mora híbrida regada por goteo en parcela demostrativa Corinto, temporada 97/98; 98/99.

Etapas Fenológicas	MORA HIBRIDA	
	Temporada 97-98	Temporada 98-99
Brotación	05-09-1997	02-09-1998
Floración	10-10-1997	05-10-1998
Cuaja	04-11-1997	24-10-1998
Pinta	15-11-1997	10-11-1998
Cosecha	26-12-1997	14-11-1998

Es importante señalar que tanto en mora híbrida como en frambuesa la cosecha de fruta ocurre en forma escalonada, observándose una maduración más concentrada en mora, con períodos de cosecha que no superan los 12 días, a diferencia de la frambuesa la cual una vez iniciada ésta puede seguir cosechándose durante más de 20 días, tanto en la primera como segunda flor, pudiéndose cosechar fruta hasta la primera quincena de marzo.

3.4.3 Arándano:

El cuadro 4, muestra el resultado de las evaluaciones fenológicas en arándanos desde brotación a cosecha, para las temporadas 97-98 y 98-99:

Cuadro 4. Desarrollo Fenológico de Arándano, temporadas 97-98 y 98-99 en la unidad de validación Corinto.

Etapas Fenológicas	Arándano					
	Temporada 97/98			Temporada 98/99		
	Blueray	Dixi	Coville	Blueray	Dixi	Coville
Brotación	07-09-1997	14-09-1997	21-09-1997	02-09-1998	09-09-1998	16-09-1998
Floración	25-09-1997	30-09-1997	04-10-1997	20-09-1998	25-09-1998	30-09-1998
Cuaja	15-10-1997	21-10-1997	27-10-1997	12-10-1998	15-10-1998	24-10-1998
Pinta	30-10-1997	05-11-1997	11-11-1997	26-10-1998	03-11-1998	09-11-1998
Cosecha	20-12-1997	29-12-1997	08-01-1998	03-12-1998	12-12-1998	20-12-1998

Se puede observar que en la temporada 98-99 los eventos fenológicos en arándanos disminuyeron su duración con respecto a los del 97-98, lo cual produjo una reducción en los calibres de la fruta. Esto se explica por las mismas razones señaladas para los cultivos de mora híbrida y frambuesa.

Otro aspecto importante de señalar es la mayor precosidad observada en Blueray, la cual se cosechó 9 y 19 días antes que Dixi y Coville, respectivamente. Estas diferencias en precosidad permitirían planificar la plantación de manera de tener un prolongado período de cosecha en el huerto, haciendo más eficiente el uso de la mano de obra y desestacionalizando la oferta, alcanzando así mejores precios.

En la etapa de brotación en las tres especies evaluadas no se observaron daños por heladas, debido a la inexistencia de temperaturas bajo cero grados durante las temporadas agrícolas 97/98 y 98/99. Ello se debería a que esta es una zona que presenta una baja probabilidad de incidencia de heladas.

3.6 POTENCIAL PRODUCTIVO

3.6.1 Frambuesa:

En el Cuadro 5, se puede observar que el rendimiento de frambuesa durante la temporada 97-98 fue un 17 % menor que el encontrado en el período 98-99. Esta diferencia fue atribuida a que las plantas presentaron un bajo número de cañas por metro lineal, y escaso grosor durante el ciclo vegetativo 97/98, lo que se tradujo en un menor número de flores por caña, menor número de drupeolos por fruto y fruta más pequeña. Esta disminución se debió al mal estado inicial de las plantas durante la temporada 96/97.

Cuadro N° 5. Rendimiento Total (kg./há.) en Frambuesa, durante las Temporadas 97-98 y 98-99 para la Zona de Corinto (Pencahue, VII región).

Floración	Temporada 1997-98	Temporada 1998-99
Primera Flor	2.964	3.456
Segunda Flor	6.976	8.475
TOTAL	9.940	11.931

Es importante señalar que los rendimientos obtenidos para ambas temporadas fueron ostensiblemente mayores que el promedio nacional que es de 5,5 ton/ha (Fundación Chile, 1996).

3.6.2 Mora híbrida:

Los rendimientos mostrados en el Cuadro 6, corresponden a la fruta producida sobre cañas. Esta fruta fue cosechada en forma normal durante los primeros días de diciembre.

Cuadro N° 6. Rendimiento Total (kg./há.) en mora híbrida para la zona de Corinto (Pencahue VII región).

Floración	Temporada 1997-98	Temporada 1998-99
Primera Flor	25.928	30.416

Se puede observar que el rendimiento de mora híbrida durante la temporada 97-98 fue un 15% menor que el de la temporada 1998-99. Esta diferencia, al igual que en frambuesa fue atribuída a un bajo número de cañas por metro lineal, y escaso grosor de las mismas durante el ciclo vegetativo 97/98, lo que se tradujo en un menor número de flores por caña, menor número de drupeolos por fruto y fruta de menor diámetro.

Es importante señalar que los rendimientos de mora híbrida obtenidos para ambas temporadas en esta zona fueron mayores que el promedio nacional de 22 ton/ha señalado por Fundación Chile.

3.6.3 Arándano:

En el Cuadro 7, se observa que el promedio de las tres variedades fue de 1678 y 751,6 kg/ha. para las temporadas 97/98 y 98/99, respectivamente, siendo Coville la variedad que presentó los más altos rendimientos y carga frutal (100 frutos/planta, ver anexos, tabla 11)

Cuadro N° 7. Rendimiento Estimado por ha. en Arándanos en la zona de Corinto, temporadas 97/98 y 98-99^z.

Cultivar	Temporada 97/98	Temporada 98/99
	Rendimiento (Kg/ha).	Rendimiento (Kg/ha).
Coville	1440.5	833.4
Dixi	1975	630.1
Blueray	1620	791.3
Promedio	1.678	751,6

Al comparar el rendimiento promedio obtenido en este ensayo con los alcanzados en el secano interior de Cauquenes, donde en la tercera temporada el rendimiento promedio para cinco cultivares de Arándano, regados por goteo, fue de 1417 kg/ha, se observa que este último fue menor al obtenido en Corinto en el período 97/98 y superior al del 98/99 (Anexo, tabla 7, 8, 10 y 11).

La disminución en el rendimiento durante la temporada 98/99 con respecto a la 97/98, se debió a la excesiva carga frutal dejada el 97 causada por la falta de un raleo oportuno de frutos durante esta. Así, para contrarrestar esta situación, durante el período 98-99 se decidió realizar un fuerte raleo de frutos en floración con la finalidad de beneficiar el crecimiento vegetativo de las plantas en desmedro de la producción de fruta.

Estos resultados indican, que el Arándano, especialmente el cultivar Coville, tiene un buen potencial productivo en las condiciones agroecológicas de Corinto. Por otra parte, se espera que el rendimiento aumente en los tres cultivares con un adecuado manejo de la carga frutal a través de poda y raleo de frutos.

Además, se realizaron mediciones, cada diez días, desde el 15 de Noviembre hasta fines de Diciembre para determinar la evolución del diámetro y peso de fruto. En este caso se observó una disminución en el peso y diámetro ecuatorial promedio de los frutos en la tercera fecha de muestreo para todos los cultivares. Esta es una característica propia del arándano alto, consistente en que los primeros frutos maduros son de mayor tamaño (peso) que los que van madurando posteriormente.

Cuadro N° 8. Evolución de tamaño de frutos por fecha y variedad.

FECHA	CULTIVAR	PESO (gr/fruto)	DIAMETRO (cm).
15-12-97	Coville	2.38	1.95
25-12-97	Coville	2.13	1.89
04-01-98	Coville	1.57	1.56
15-12-97	Dixi	1.92	1.65
25-12-97	Dixi	2.09	1.75
04-01-98	Dixi	1.42	1.42
15-12-97	Blueray	2.20	1.87
25-12-97	Blueray	2.50	2.11
04-01-98	Blueray	1.74	1.77

El diámetro de frutos (calibre de la fruta) es uno de los parámetros de calidad más importantes de esta especie, y que adquiere mayor relevancia si se considera que más del 95% de la producción es exportada a mercados exigentes como el de Estados Unidos y Europa. Por lo tanto es importante tener en cuenta que los primeros frutos cosechados dentro de la temporada son los de mayor tamaño y manejos oportunos de poda y raleo son fundamentales para producir arándanos de buen calibre con el objetivo de exportarlos.

3.7 Efecto de tres fechas de corte de agua previo a la cosecha sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial (Heinz 9663).

3.7.1 Resumen:

En la parcela de validación de Corinto, se llevó a cabo durante la temporada 97/98 la evaluación de tres criterios de cortes de riego antes de la cosecha (20, 10 y 0 días previos a cosecha), para un cultivo de tomate industrial híbrido Heinz 9663 (*Lycopersicon esculentum* Mill.), regado mediante el método de surco, sobre el rendimiento y calidad de los frutos.

Para la cosecha se consideraron los frutos comerciales, determinándose rendimiento total e industrial, junto con la evaluación de los parámetros de calidad (contenido de sólidos solubles °Brix, pH y color) de la materia prima.

Para todos los factores medidos no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p = 0,05$), esto se debió principalmente al alto error experimental del ensayo producto de factores como, el suelo, método y tiempos de cortes del riego empleados.

3.7.2 Descripción general del ensayo:

Se analizó el efecto de distintos momentos de cortes de agua, previo a cosecha, en un cultivo de tomate para procesamiento.

La superficie de cada parcela fue de 24 m², con un largo y ancho de 6 y 4 metros, respectivamente, con pasillos de 1 m. La superficie total ocupada por el ensayo fue de 590 m².

El diseño experimental ocupado fue completamente al azar con tres tratamientos de cortes de agua (0, 10 y 20 días antes de cosecha), cada uno con cuatro repeticiones, donde cada repetición esta representada por una parcela. Para la determinación de las diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó el test estadístico de Duncan con una probabilidad del 5%.

3.7.3 Metodología:

Las mediciones se realizaron en las hileras centrales, eliminando tanto las hileras bordes como un metro al inicio y final de las hileras evaluadas. Al momento de cosecha, se evaluó en el campo el rendimiento comercial de tomate, tomando 20 frutos aproximadamente para la realización de los análisis posteriores.

3.7.4 Evaluaciones:

3.7.4.1 Contenido de humedad del suelo:

Para medir el contenido de humedad volumétrico del suelo se enterraron las guías del Time Domain Reflectometry a una profundidad de 20 cm en el surco y a 30 cm sobre el camellón. Esta evaluación se realizó 10 días antes de la cosecha, antes y después del último riego del tratamiento II (corte 10 días antes de cosecha), con el fin de determinar si existe algún tipo de estrés de las plantas.

3.7.4.2 Rendimiento:

Para evaluar el rendimiento total del cultivo se tomaron 10 plantas por parcela (de las dos hileras centrales), al momento de cosecha. Clasificándose los frutos de la siguiente manera:

Frutos comerciales: aquellos que presentan un excelente estado fitosanitario y un nivel de cubrimiento de color rojo mínimo del 50%.

3.7.5 Calidad del fruto

3.7.5.1 Sólidos solubles:

Se seleccionaron 6 frutos por tratamiento, a los cuales se midió la temperatura para luego extraerles en forma individual un par de gotas, las que se colocaron sobre el prisma del refractómetro donde se midió el contenido de sólidos solubles. Obteniéndose finalmente el promedio de las seis mediciones.

3.7.5.2 pH:

Los mismos frutos que se utilizaron para la medición de sólidos, se homogeneizó en una juguera, y el preparado de cada tratamiento se trasvasijó en un vaso precipitado, en el cual se introdujo el electrodo del potenciómetro previamente calibrado obteniéndose el pH de la materia prima.

3.7.5.3 Color:

Parte del preparado anterior se vertió en bolsas transparentes, las cuales se trataron en forma cuidadosa para evitar la formación de burbujas. Posteriormente, la muestra fue bombardeada con un haz luminoso, obteniéndose los parámetros **a**, **b**, a partir de los cuales obtuvo el matiz, que es la relación **a/b**.

Frutos no comerciales: aquellos que presentan algún tipo de daño fisiológico, sanitario y/o entomológico o que presentan un insuficiente grado de madurez.

Para el cálculo de rendimiento se utilizó la siguiente relación:

$$R = \frac{P * D * 1000}{n}$$

donde: **R** = rendimiento de campo (ton/ha); **P** = peso muestra (kg); **D** = densidad (pl/ha); **n** = número de plantas por muestra.

La determinación de rendimiento de campo se realizó 20 días después de comenzado el primer corte.

3.7.6 Rendimiento industrial

Este se obtuvo utilizando la siguiente relación.

$$\mathbf{Ri} = \frac{\mathbf{Rcom} * \text{° btom}}{\text{° bpas}}$$

donde: **Ri** = rendimiento industrial (ton pasta/ha); **Rcom** = rendimiento comercial (ton./ha); **° btom** = grados brix del tomate (° brix); **° bpas** = grados brix pasta (31 °)

3.7.7 RESULTADOS

En el cuadro 9, se observa que el rendimiento comercial, no comercial y rendimiento industrial de tomate, no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, a pesar que los tratamiento de 10 y 20 días de corte antes de cosecha (tratamiento 2 y 1, respectivamente) presentaron rendimientos comerciales mayores que el testigo (tratamiento 3) en un 10 y 8 %, respectivamente.

En el rendimiento Industrial se observa una tendencia al aumento a medida que se prolonga el período de corte de agua previo a la cosecha, así se tiene que el tratamiento 1 fue mayor en un 3 y 14 % que los tratamientos 2 y 3, respectivamente, sin embargo este no fue significativo. Rudich *et al*, 1997 señalan que la aplicación de agua es de vital importancia en el desarrollo del tomate afectando en gran medida la concentración de sólidos solubles. Cuando un fruto crece y madura con déficit hídrico en el suelo se reduce la acumulación de agua en él, dando lugar a frutos de menor peso pero con mayor contenido de sólidos solubles. El aumento de sólidos solubles compensa la disminución en el rendimiento total, ya que esto es lo que la industria del tomate concentrado le interesa.

Cuadro N° 9. Rendimiento comercial, rendimiento no comercial y rendimiento industrial de tomate para procesamiento Heinz 9663.

Tratamientos	Rdto. Comercial (kg/ha).	Rdto. No Comercial (kg/ha).	Rdto. Industrial (kg. pasta/ha).
Tratamiento 1 (Corte 20 días antes de cosecha).	72.152 a	12.335 a	12.553 a
Tratamiento 2 (Corte 10 días antes de cosecha).	74.025 a	19.384 a	12.210 a
Tratamiento 3 (Sin cortes).	67.503 a	13.703 a	11.042 a

En el cuadro 10, se observa que el porcentaje de sólidos solubles y las mediciones globales de pH, no presentaron diferencias estadísticas significativas de los tratamientos con respecto al testigo. Sin embargo los sólidos solubles de los tratamientos 20 y 10 días de corte antes de cosecha (tratamiento 1 y 2, respectivamente) presentaron del orden de 0,36 y 0,08 ° brix más que el testigo (tratamiento 3), respectivamente.

En el caso de la medición global de pH tampoco se encontró diferencias estadísticas significativas, y no se observó ninguna tendencia que correlacione el aumento de pH de la materia prima con el número de cortes de riego previos a la cosecha.

Cuadro 10. Sólidos solubles (° brix) y mediciones globales de pH en tomate industrial Heinz 9663.

Tratamientos	Sólidos solubles (° Brix).	Mediciones globales de pH
Tratamiento 1 (corte 20 días antes de cosecha)	5,42 a	4,59 a
Tratamiento 2 (corte 10 días antes de cosecha)	5,14 a	4,63 a
Tratamiento 3 (sin cortes).	5,06 a	4,61 a

3.8 PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN PARCELA DE VALIDACIÓN CORINTO

3.8.1 INTRODUCCION

La programación del riego es una técnica que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar a los cultivos de acuerdo a las interacciones específicas de suelo, cultivo, clima y manejo agronómico. Esta técnica consiste en determinar la frecuencia y tiempo de riego adecuado con el objeto de optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas. La técnica más usada en Chile para programar el riego es la propuesta por Doorenbos y Pruitt (1976).

3.8.2 Cálculo de las necesidades de riego:

La determinación de las alturas de agua diarias a aplicar al cultivo se determinaron en base a la expresión recomendada por Osorio y Alfaro (1993):

$$\text{N.R.D} = \text{Eb} * \text{Kp} * \text{Kc} * \text{Ps} * \text{AU}$$

donde: **N.R.D** = necesidades netas de riego diarias (l/día); **Eb** = evaporación de bandeja clase A (mm/día); **Kp** = coeficiente de bandeja; **Kc** = coeficiente de cultivo; **Ps** = porcentaje de sombreadamiento en relación al área unitaria asignada a la planta (%); **AU** = área asignada al cultivo o marco de plantación (m²).

En relación al porcentaje de sombreadamiento o coeficiente de cobertura, en frambuesa y mora híbrida toda la superficie regada se encontraba cubierta, debido a la conducción en setos que presentan ambas especies, por lo que el **Ps** fue igual a 1 y para arándano de 0,3. En el caso del coeficiente de bandeja este se calculó según las condiciones de velocidad del viento y humedad relativa características de la zona de

Corinto (ver tabla 17 en anexos). Para valores de coeficientes de cultivos se utilizarán los característicos de cada especie según su evolución fenológica en el transcurso de la temporada (ver en anexos, tabla 12). Los datos de evaporaciones de bandeja, fueron medidos en forma diaria desde septiembre hasta fines de Marzo, según protocolo establecido para las mediciones (ver anexo, tabla 13)

Un paso posterior dice relación con el cálculo del tiempo de riego necesario para suplir las necesidades hídricas de la planta. El cálculo se efectuó basándose en la siguiente relación:

$$T.R = \frac{N.R.D}{N_e * E.a * q}$$

donde: **T.R** = tiempo de riego (hr); **N.R.D** = necesidades de riego diarias (l/día);
N_e = número de emisores por planta; **E.a** = eficiencia de aplicación del riego (0,9); **q** = caudal del emisor (l/hr).

3.8.3 Mediciones:

3.8.3.1 Evaporación:

Para realizar mediciones de evaporación de bandeja se instaló una unidad agroclimática de referencia, la que tenía una superficie de 100 m² de césped (festuca), la cual fue mantenida en condiciones de referencia (8 a 15 cm de altura uniforme, de crecimiento activo y que cubre totalmente el suelo) y en óptimas condiciones hídricas. Sobre esta superficie se instaló una bandeja de evaporación clase A, la cual permitió realizar mediciones diarias de evaporación desde noviembre a marzo y de octubre a marzo de las temporadas 97/98 y 98/99, respectivamente. Esta fue instalada en el centro de la parcela de validación de Corinto, sobre una estructura de madera a 10 cm sobre el nivel del suelo.

3.8.3.2 Humedad del Suelo:

La medición del contenido de humedad del suelo se realizó mediante el uso del Time Domain Reflectometry (TDR), el cual esta formado por un procesador de datos que se conecta mediante un cable coaxial a un par de guías de acero inoxidable de 45 cm. de longitud que van insertas en el suelo, las cuales permiten medir el contenido volumétrico de agua del suelo en forma directa. El objetivo de utilizar esta metodología fue comprobar que el riego en el campo fue oportuno y efectivo, monitoreando la humedad del suelo explorado por las raíces del cultivo.



Figura 2 : Uso de Time Domain Reflectometry (TDR) para monitorear la humedad del suelo.

De acuerdo a la metodología anterior y dependiendo de la especie, la programación del riego se realizó de la siguiente forma:

3.8.4 Frambuesa:

Dado el sistema de arraigamiento superficial de la frambuesa es indispensable no descuidar el riego, debido a que la mayor absorción de agua por las plantas, se efectúa cercana al tronco o tallo en los primeros centímetros del perfil del suelo. Es importante señalar que a pesar de ser una planta bastante resistente a la sequía, si ésta se prolonga demasiado, puede afectar la producción de la temporada en curso en un 60 a 70%, como también la del año siguiente. De lo anterior, deriva la importancia de tener un buen control del nivel hídrico de las plantas, que permita obtener mayores rendimientos, producto de cañas más numerosas, con mayor diámetro y tamaño, con una mejor inducción floral y también mejor calibre de frutos.

Por lo tanto se procuró entregar riegos frecuentes, lentos y con poco volumen de agua, durante la floración y fructificación; distanciándolos hacia la cosecha. Es necesario asegurar que el agua realmente moja el sistema radical. A pesar de que la frambuesa requiere de abundantes riegos, comparada con otros frutales, estos no deben exagerarse, evitando el anegamiento, puesto que la raíz es muy susceptible a ataques fúngicos. Como regla general, el riego debe realizarse cuando se ha agotado entre el 50 y 60% del agua disponible en los primeros 45 cm del suelo.

Por lo tanto, el tiempo y frecuencia de riego se realizó de acuerdo a las características hídricas del suelo, clima y cultivo. El tiempo de riego (horas) y caudal (m^3) aplicado se describen en forma mensual en el cuadro 11. Para mayor información ver anexo tablas 14, 15 y 16, en la cual se describe la programación del riego semanal, para los tres cultivos de frutales menores en estudio:

Cuadro 11. Programación mensual del Riego en Frambuesa, durante las temporadas 97-98 y 98-99 (Corinto, Pencahue).

Mes	Temporada 1997/1998		Temporada 1998/1999	
	T. de riego (hrs)	Caudal (m ³ /ha)	T. de riego (hrs)	Caudal (m ³ /ha)
Octubre	-----	-----	7,1	188,9
Noviembre	24	638,4	12,4	329,8
Diciembre	30	798	13,3	353,8
Enero	30	798	16,7	444,2
Febrero	24	638,4	12,41	330,1
Marzo	20	532	6,6	175,6
TOTAL	128	3.404,8	68,51	1.822,4

3.8.5 Mora híbrida:

Una vez establecida la plantación se realizó riegos profundos, los cuales disminuyeron en intensidad durante la cosecha. Al igual que la frambuesa es capaz de resistir largos períodos de sequía, sin embargo una repentina interrupción en el abastecimiento de agua puede reducir considerablemente el rendimiento y tamaño de la fruta. No obstante, al no tolerar excesos de agua, ya que estos pueden inducir a asfixia radical, pudrición de raíces y desarrollo de flora fungosa, se recomienda prevenir la acumulación de agua en la plantación, por períodos superiores a tres días, especialmente durante el invierno.

La regularidad en el riego, especialmente durante el período de crecimiento del fruto; permite obtener un mayor grosor de cañas, mayor tamaño de fruto y en consecuencia mayor producción. A continuación se describe la programación del riego en la mora híbrida.

Cuadro 12. Programación de Riego en Mora híbrida durante las temporadas 97-98 y 98-99 (Corinto, Pencahue).

Mes	Temporada 1997/1998		Temporada 1998/1999	
	T. de riego (hrs)	Caudal (m ³ /ha)	T. de riego (hrs)	Caudal (m ³ /ha)
Octubre	-----	-----	8,0	212,9
Noviembre	30	798	13,8	367,4
Diciembre	37,5	997,5	14,6	388,5
Enero	37,5	997,5	14,2	377,7
Febrero	30	798	12	319,4
Marzo	24	638,4	7,4	196,8
TOTAL	159	4.229,4	70,0	1862,7

3.8.6 Arándano:

Una vez establecida la plantación se procuró mantener el suelo húmedo, ya que por anatomía esta especie carece de pelos radicales, lo que restringe la capacidad de absorción de agua, no obstante se tuvo en cuenta que estas plantas no soportan los suelos mal drenados. En el caso de encontrarnos en temporada de sequía se recomienda usar cobertura de paja de 15 a 20 cm, de espesor.

Una adecuada humedad es también necesaria para mantener elástica la piel del fruto, y así prevenir resquebrajamientos y agrietamientos. Si se permite que la planta sufra de sequía, la piel se torna poco elástica y el fruto tenderá a agrietarse cuando se reponga el agua nuevamente.

En la siguiente tabla se describe la programación del riego del Arándano, de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de Corinto:

Cuadro 13. Programación de Riego en Arándanos Temporadas 97-98 y 98-99 (Corinto, Pencahue).

Mes	Temporada 97/98		Temporada 98/99	
	T. de riego (hrs)	Caudal (m ³ /ha)	T. de riego (hrs)	Caudal (m ³ /ha)
Octubre	-----	-----	11	146,3
Noviembre	30	399	21,2	282,0
Diciembre	37,5	498,8	20,9	278,0
Enero	37,5	498,8	22,0	292,6
Febrero	30	399	19,0	252,7
Marzo	24	319,1	11,7	154,3
TOTAL	159	2114,7	105,7	1.405,9

En los cuadros de programación del riego para los tres cultivos de frutales estudiados, se observó que los volúmenes de agua aplicados durante la temporada 97-98 fueron mayores en un 120% en mora, 86% en frambuesa y 50% en arándano que los entregados en el período 98-99. Estas diferencias se debieron principalmente a un mal estado de la parcela de validación Corinto al momento de comenzar con la temporada agrícola 97/98, siendo imposible programar el riego entre septiembre y diciembre de 1997. A partir de Enero de 1998 fue posible regular el tiempo de riego según las condiciones edafoclimáticas de la zona de Corinto.

3.9 ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN

3.9.1 CURSO “REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS”

Objetivo: El objetivo del curso fue mostrar aspectos básicos de programación del riego a Ing. Agrónomos y técnicos que desarrollan actividades de extensión a pequeños agricultores de la zona de Pencahue. Los temas tratados en este curso fueron:

3.9.1.1 PROGRAMA DEL CURSO

- Programación del riego (técnicas para determinar frecuencia y tiempo de riego).
- Importancia de las propiedades físico – hídricas en la programación del riego.
- Conceptos básicos de evapotranspiración y determinación del consumo de agua (K_c , K_p , y efecto del clima en la evapotranspiración).
- Programación del riego por goteo a través del uso de la bandeja de evaporación clase A.
- Actividades prácticas que incluyeron el uso de barreno, Time domain refractometry (TDR) y servicio de programación del riego que ofrece el SIAR a los agricultores.
- Eficiencia de riego y su incidencia en las necesidades totales de agua para un cultivo.

3.9.1.2 PARTICIPANTES:

Este curso se realizó el día 26 de Noviembre de 1998 y asistieron 9 Ing. Agrónomos de Fundación CRATE, INDAP, I. Municipalidad de Sn. Rafael, AGRIGAN Ltda., INGEMA Ltda.

IV.- ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN

4.1 DÍAS DE CAMPO:

Objetivo: Los días de campo fueron dirigidos a Ing. Agrónomos, técnicos y pequeños agricultores de la zona de Penciahue con el objetivo de mostrar en forma práctica el cultivo del arándano, mora híbrida, frambuesa y olivo regados por goteo. Los aspectos más relevantes fueron:

- Manejo general del olivo, sistema de conducción, poda, fertilización, etc.

4.1.1 Manejo Agronómico en Berries:

- Sistema de conducción.
- Poda.
- Fertilización.
- Control de enfermedades.
- Control de malezas.

4.1.2 Sistema de riego:

- Características de la bomba.
- Características del tranque.
- Características y componentes del cabezal de riego (sistema de filtrado).
- Características y diferencias entre un gotero compensado y un no compensado.
- Prácticas del retrolavado.
- Prácticas de lavados de colas en sectores de riego.

4.1.3 Programación del riego:

- Uso de barrenos.
- Uso de bandeja de evaporación clase A.
- Determinación del tiempo de riego etc.

Tabla N° 14. Cuadro resumen de los días de Campo realizados.

Fecha	Ing. Agrónomos	Agricultores	Institución	Origen agricultores
28-10-98	2	8	INDAP, I. Munic. de Penciahue.	Rinconada, los cristales, Corinto.
11-11-98	1	9	Agencia y desarrollo campesino	Rinconada, Penciahue y Corinto.
18-11-98	1	9	Liceo agrícola de Penciahue, CRATE, etc.	Rinconada, Penciahue y los Cristales.
01-12-98	1	11	I. Municipalidad de Penciahue.	Rinconada, Penciahue y los Cristales.
09-04-99	2	8	A.G. Desarrollo Campesino	San Clemente

4.1.4 Conclusiones.

- Los agricultores mostraron un gran interés en el manejo agronómico, rentabilidad y perspectivas económicas futuras del Olivo y Arándano.
- Casi la totalidad de los agricultores de la zona del valle de penciahue manifestaron no conocer el cultivo de frutales menores, en especial el del arándano.

- Los agricultores del valle de Penciahue se mostraron muy interesados en la posibilidad de poder introducir dentro de sus actividades, el cultivo de frutales menores, pero manifestaron presentar temor en cuanto a:
 - Proveedores poco seguros y precio elevado de las plantas.
 - Desconocimiento en el manejo de estos cultivos.
 - Desconocimiento de poderes compradores seguros.
 - Falta de recursos para poder instalar un sistema de riego por goteo.
 - Desconocimiento en el manejo de métodos de riego presurizado.
 - Desconocimiento de técnicas de programación del riego.

- Algunos agricultores del valle de Penciahue se mostraron muy interesados en el manejo del sistema de riego por goteo y la posibilidad de instalar este sistema, a través de la elaboración y diseño de proyectos de riego para la ley 18.450.

- La totalidad de los agricultores de la zona del valle de penciahue tienen conciencia de la importancia que tiene una correcta optimización del uso del agua, a través de la programación del riego, la cual permite ahorrar agua y maximizar los rendimientos de los cultivos.

- Se observó un gran interés por parte de los agricultores, en cuanto a la utilización de barreno, como instrumento de bajo costo y fácil utilización en el monitoreo de la humedad del suelo, después de un riego.

- Desconocimiento generalizado a nivel profesional y técnico sobre la programación del riego.

DÍAS DE CAMPO PARCELA DEMOSTRATIVA CORINTO



Utilización de Barreno para estimación de humedad del suelo.



Manejo y utilización de bandeja de evaporación Clase A



Funcionamiento y manejo de cabezal de riego.



Labores de manejo en el Cultivo del Olivo.



Utilización y aplicación de badeja de evaporación correcta clase A en la programación del riego.



Ventajas e importancias de una programación del riego en olivos.

4.2 CARTILLA DE DIVULGACIÓN DE PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EMITIDA POR LA COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO EN CONJUNTO CON LA UNIVERSIDAD DE TALCA.

Una de las interrogantes que debe enfrentar todo agricultor, es determinar cual es el momento en que se debe aplicar el agua de riego a sus cultivos para evitar que se afecten los rendimientos debido a un aporte hídrico tardío. Por otra parte, también se enfrentan a la pregunta de cuanta agua aplicar en cada riego para lograr reponer el agua consumida desde el último riego. Estas interrogantes están relacionadas con los conceptos de frecuencia y tiempo de riego que son la base para establecer una programación del riego en función de la especie, del suelo y de las variables climáticas que inciden en la evapotranspiración de los cultivos. Debido a la importancia que esta adquiriendo el riego, causada por la escases de precipitaciones, se decidió emitir una cartilla de divulgación titulada: "*Programación del riego*", con el objeto de contestar dos preguntas fundamentales en la práctica del riego, que son: ¿ En qué momento aplicar el agua a la planta ? y ¿ Cuánta agua aplicar en cada riego ?, todo esto con la finalidad de aumentar la eficiencia de aplicación del uso del agua.

En este documento el profesional no especialista en riego podrá encontrar los criterios técnicos para programar el riego, obteniendo así los mayores beneficios de la agricultura de riego y por ende de su situación económica y social.

En la Figura N° 3, se presenta la portada de la cartilla de divulgación de programación del riego, emitida el mes de marzo de 1999, con un total de 1000 ejemplares que se distribuirán a nivel nacional.



**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS**

**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Servicio Integrado de Agroclimatología y Riego
(SIAR)**



PROGRAMACIÓN DEL RIEGO



**CARTILLA DIVULGATIVA
MARZO DE 1999**

Figura 3: Portada de cartilla de divulgación sobre “Programación del Riego”, (ver página 99).

V.- INFORME TÉCNICO UNIDAD EXPERIMENTAL PENCAHUE

5.1 PRÁCTICAS CULTURALES FRAMBUESA, ARÁNDANO, MORA HÍBRIDA Y OLIVOS.

A continuación se describen las prácticas culturales para cada especie desde Abril de 1997 hasta Marzo de 1999 en la parcela de validación de Corinto, ubicadas en la zona del Valle de Pencahue VII Región.

CULTIVOS

5.1.1 FRAMBRUESA

La frambuesa es una especie que puede desarrollarse en una amplia gama de climas, presentando requerimientos de frío que varían entre 750 a 1700 hrs, siendo una especie que presentó una excelente adaptación a las condiciones edafoclimáticas del sector de Corinto, con un rendimiento promedio para la zona de aproximadamente 13 toneladas. Este rendimiento es comparable a los mejores rendimientos encontrados en la zona de Linares, para la misma variedad.

A continuación se describe la variedad, superficie, marco de plantación y fecha de plantación del módulo de frambuesa instalado en Corinto.

Variedad plantada	:	Heritage
Superficie	:	0,25 há.
Fecha de plantación	:	18 a 21 de Noviembre de 1995
Distancia de plantación	:	0,5 m. sobre hilera y 3 m. entre hilera.
Número total de plantas	:	1.666

Durante la temporada 97-98 se logró recuperar el cultivo y durante el período de crecimiento 98-99, las plantas de frambuesas presentaron un adecuado estado sanitario, con un buen número de cañas por metro lineal, buena lignificación, brotación y fructificación de flores. Esto permitió incrementar el rendimiento en un 22%.

5.1.1.1 Labores realizadas:

5.1.1.2 Poda:

Es una práctica cultural que tiene como objetivo dar forma de ceto a las cañas y brotes en producción, con la finalidad de facilitar los manejos culturales, favorecer la floración, fructificación, obteniendo la máxima producción y calidad de fruta, permitiéndonos además regularizar la producción de fruta en el tiempo.

Julio: Poda de producción ó poda de invierno, se efectuó de acuerdo a los hábitos de crecimiento de cada variedad y al estado de las plantas, específicamente grosor de cañas. En el caso de las variedades *Remontantes* como Heritage (las que producen tanto en cañas como en retoños), se realizó una poda que nos permitiera obtener 2 producciones en una temporada, eliminando todos los racimos que ya produjeron en retoños la temporada pasada, uniformizando altura y cantidad de cañas, dejando en promedio 15 por metro lineal, eliminando las mal ubicadas y en mal estado. Después de podar se procedió a amarrar toda las cañas, con el objetivo de ordenarlas y distribuirlas en forma uniforme en el alambre de producción, evitando de esta forma su caída y posterior emboscamiento en brotación.

Octubre: (poda de verano), se limitó a la mantención adecuada de las plantas evitando el emboscamiento de éstas. Para ello se eliminó principalmente los hijuelos mal ubicados (fuera de la hilera) o con exceso de vigor.

Después de la cosecha de las cañas en enero, se realizó la poda a ras de suelo de todas aquellas cañas que ya produjeron. Lo que en variedades remontantes provocará un satisfactorio crecimiento de retoños. Ya que al ser eliminadas, se estará entregando al cultivo condiciones óptimas de aereación y microclima de retoños, lográndose una menor incidencia de Botritis y abundante carga de fruta a cosechar hacia las últimas dos semanas de febrero.

5.1.1.3 Fertilización:

El programa de fertilización debe ir orientado principalmente a lograr un adecuado desarrollo de plantas, para esto es absolutamente necesario realizar un programa de parcialización de nutrientes, como se observa en el siguiente cuadro:

Fecha	Fertilizante	Dosis
Agosto	Salitre sódico	50 und./ha.
	SFT	90 und./ha.
	Muriato de potasio	60 und./ha.
Diciembre	Salitre sódico	80 und./ha.
Marzo	Salitre sódico	80 und./ha.

La fertilización indicada en el mes de Agosto va orientada a nutrir las plantas con nitrógeno, fósforo y potasio, en las cantidades adecuadas a la demanda de las plantas en etapa de brotación de cañas, con el objeto de lograr un adecuado desarrollo de laterales, brotes y flores.

La fertilización de Diciembre va orientada principalmente a suplir las demandas de las plantas posteriores a la cosecha de cañas y lograr un adecuado desarrollo de retoños y flores en variedades remontantes. Por último la fertilización del mes de Marzo va orientada a lograr un adecuado crecimiento de raíces y una óptima inducción floral para la siguiente temporada.

Aun cuando es indispensable el nitrógeno, no debe exagerarse la dosis a usar, puesto que un exceso favorece el desarrollo vegetativo en desmedro de la fructificación, y la calidad del fruto (dureza y sabor del fruto) se ve afectada.

El potasio debe aplicarse aun cuando el análisis de suelo no lo recomiende y especialmente después de una gran fructificación. La dosis a usar debe mantener una relación N/K adecuada. El fósforo se aplica anualmente en dosis no superiores a 60 kg./ha de P₂O₅.

5.1.1.4 Control de Malezas:

Agosto: Control de malezas con azadón pequeño o rasqueta sobre hilera, evitando pasar rastra para impedir posibles daños mecánicos a nivel de raíces. Es una labor que debe realizarse cada vez que sea necesario y en forma superficial, con esto no tan sólo se eliminan las malezas sino que ayuda a la aireación de las raíces al romper la costra de suelo que suele formarse en la platabanda. Es importante señalar que el sistema radical de la frambuesa es muy superficial y sufre en forma notoria por falta de oxígeno.

Octubre: Control manual con azadón sobre hilera para eliminar principalmente las malezas anuales (Margarita del campo, quinguilla, alfilerillo, bledo, rábano y sanguinaria). No fue necesario aplicar Simazina o Paraquat entre hilera debido a que no se observó ningún tipo de infestación severa.

5.1.1.5 Control de Plagas y Enfermedades:

Septiembre – Abril de la temporada 1997-98 : En general, las variedades de frambuesas presentaron un buen estado sanitario, a excepción de un sector muy localizado de dos hileras que comprenden un total de 400 cañas afectadas con phytophthora. Esto fue producto del anegamiento del terreno por presencia de una tosca superficial y exceso de lluvias en la temporada 1997 durante los meses de septiembre, octubre y noviembre. La Phytophthora fue controlada satisfactoriamente usando Ridomil 5G (Metalaxil) granular en dosis de 150 gr/hilera, junto con aporcar con camellones de 25 - 30 cm. de altura en la base de las cañas, con el fin de evitar el anegamiento de las plantas a nivel del cuello.

Debido a que en los distintos monitoreos realizados no se observó umbrales críticos en la población de insectos, no fue necesario aplicar ningún tipo de plaguicida.

Septiembre – Marzo de la temporada 1998 - 99: En general, las variedades de frambuesas presentaron un buen estado sanitario.

Debido a que en los distintos monitoreos realizados no se observó umbrales críticos en la población de insectos, no fue necesario aplicar ningún tipo de plaguicida.

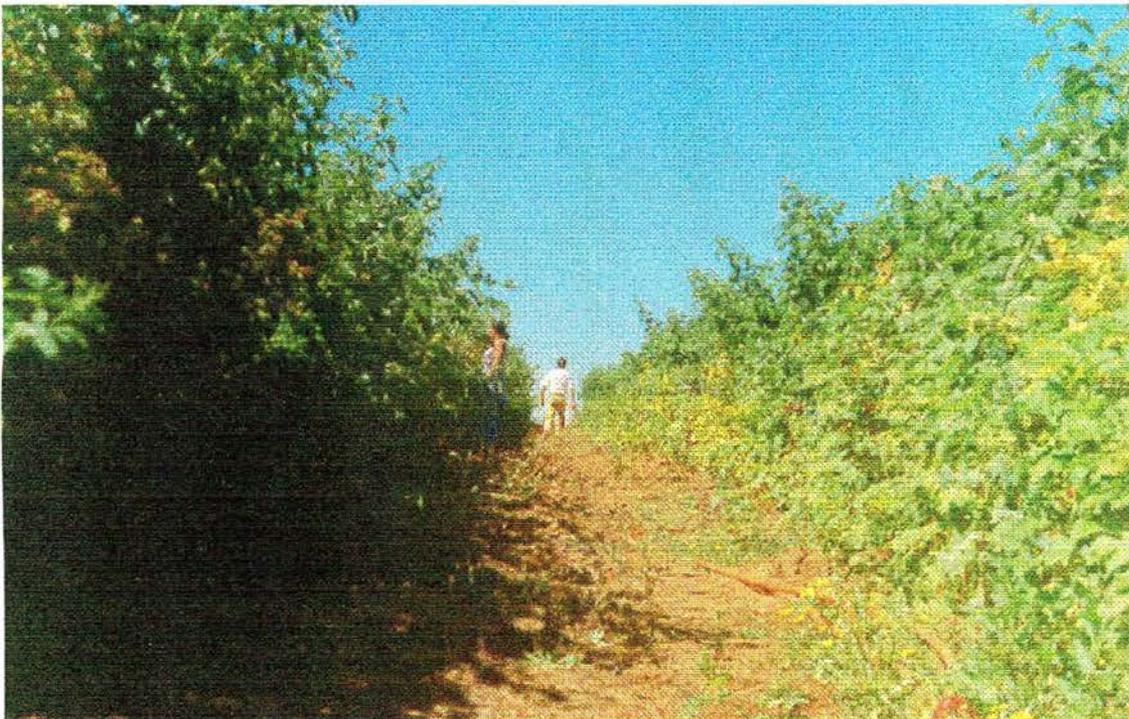


Figura 4. Producción de frambuesa en el módulo de validación de Corinto.

5.1.2 MORA HÍBRIDA

La Mora híbrida, al igual que la frambuesa, presenta para el valle de Penuhue una posible alternativa de producción agrícola, tanto por su posibilidad de adaptación como por su rentabilidad. Es una especie que puede desarrollar en una amplia gama de climas, presentando requerimientos de frío que varían entre 800 a 1200 horas, siendo una especie que presentó una excelente adaptación a las condiciones edafoclimáticas del sector de Corinto, con un rendimiento promedio para la zona de aproximadamente 33 toneladas. Este rendimiento es comparable a los mejores rendimientos encontrados en la zona de Curicó y Linares, para la misma variedad.

A continuación se describe la variedad, superficie, marco de plantación y fecha de plantación del módulo de mora híbrida instalado en Corinto.

Variedad	:	Boysenberry
Superficie	:	0,25 há.
Fecha de plantación	:	27 a 29 de Noviembre de 1995
Distancia de plantación	:	0,5 m. sobre hilera y 3 m. entre hilera.
Número total de plantas	:	1.666

En general, las plantas de Mora híbrida presentaron un adecuado estado sanitario, con un muy buen número de cañas por metro lineal, buena lignificación, brotación y fructificación homogénea de flores. En lo que al rendimiento se refiere durante la temporada 98-99, estos fueron superiores a los registrados el período 97-98.

5.1.2.1 Labores realizadas.

5.1.2.2 Poda:

Es una práctica cultural que tiene como objetivo dar forma de ceto a cañas y brotes en producción con la finalidad de facilitar los manejos culturales por un lado y favorecer floración y fructificación de las plantas, maximizando la producción y calidad de fruta. Esta labor tiene como objetivo evitar los siguientes inconvenientes entre otros:

- Irregularidad en la fructificación.
- Mayor costo de cosecha.
- Baja calidad de la fruta.
- Propagación fácil de enfermedades.

Junio: Rebaje de laterales superiores hasta la altura del alambre, con el objetivo de uniformar el largo de brotes, eliminando los laterales bajo el primer alambre para evitar el excesivo emboscamiento en el período de brotación. Además se realizó la guía y amarre de laterales en forma ordenada para lograr una adecuada distribución de brotes a lo largo del alambre de producción.

Verano (Enero): Después de la cosecha, se realizó la eliminación de todas las cañas que ya produjeron, para posteriormente realizar el amarre de los brotes que se desarrollaron durante la temporada.

5.1.2.3 Fertilización:

La parcialización de la fertilización se realizó de la siguiente manera:

Fecha	Fertilizante	Dosis
Agosto	Urea	50 und./ha.
	SFT	40 und./ha.
Octubre	Urea	15 und./ha.
Diciembre	Urea	15 und./ha.

La fertilización indicada para el mes de Agosto va orientada a nutrir las plantas con nitrógeno y fósforo, en las cantidades adecuadas a la demanda de las plantas en la etapa de brotación de las cañas, con el objeto de lograr un adecuado desarrollo de brotes y flores. La fertilización del mes de Octubre va orientada principalmente a suplir las demandas de las plantas y lograr una adecuada brotación, floración, cuaja y crecimiento de frutos. Por último la fertilización del mes de diciembre tiene el objetivo de lograr un adecuado crecimiento de raíces y una óptima inducción floral para la siguiente temporada.

El nitrógeno es el principal nutriente, especialmente para Boysenberry (mora híbrida), pudiendo ser aplicado en cualquiera de sus formas comerciales. En general se recomienda aplicar dosis no mayores a 200 unidades de nitrógeno por hectárea en una temporada, aplicadas en forma parcializada.

En experiencias realizadas se ha llegado a la conclusión que el fósforo y el potasio no son elementos indispensables en el cultivo de estos frutales y se aplicarán de acuerdo con la calidad del suelo.

5.1.2.4 Control de Malezas:

Agosto: Control de malezas con azadón sobre hilera y con rana en la entre hilera, así se recomienda realizar controles de malezas mediante labores culturales superficiales, sin dañar las raíces evitando de este modo pasar rastra. Se recomienda usar azadón pequeño o rasqueta sobre hilera, siendo una labor que debe realizarse cada vez que sea necesario y en forma superficial, con esto no tan sólo se eliminan las malezas sino que ayuda a la aireación de las raíces.

Octubre: Control manual con azadón sobre hilera para eliminar principalmente las malezas anuales. No fue necesario aplicar herbicidas debido a la escasa presencia de malezas agresivas.

5.1.2.5 Control de Plagas y Enfermedades:

Septiembre – Abril de la temporada 1998-99: En el caso de la mora híbrida se observó un buen vigor y estado sanitario de las plantas, a excepción de un sector con algunas plantas distribuidas en forma aleatoria. Ellas presentaron principalmente en hojas nuevas pústulas moradas de márgenes bien definidos con pústulas blanquesinas de menor tamaño en el centro, enfermedad conocida como viruela, provocada principalmente por la excesiva humedad del follaje, debido a las abundantes lluvias de la temporada 1997.

La enfermedad fue exitosamente controlada mediante la aplicación de Bravo 500 (Clorotalonilo) Líquido en dosis de 1,5 l/ha.

Debido a que en los distintos monitoreos realizados no se observó umbrales críticos en la población de insectos, no fue necesario aplicar ningún tipo de plaguicida.

Septiembre – marzo de la temporada 1998-99: En el caso de la mora híbrida se observó un buen vigor y estado sanitario de las plantas.

Debido a que en los distintos monitoreos realizados no se observó umbrales críticos en la población de insectos, no fue necesario aplicar ningún tipo de plaguicida.



Figura 6. Producción de Mora híbrida en el módulo de validación de Corinto.

5.1.3 ARÁNDANO

El arándano es otra de las alternativas de cultivo que se está evaluando en el valle, debido a la posible adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona y a la presencia de poderes compradores en la región.

Es una especie que puede crecer en una amplia gama de climas, debido a que sus requerimientos de horas frío varían entre 400 – 1100 hrs, según las especies. Además crece mejor en suelo ácidos, arenosos o turbo-arenosos, no muy profundos y de baja fertilidad.

Por otra parte es un frutal que posee una atractiva rentabilidad con potenciales poderes compradores en la zona de Linares.

Variedades plantadas	:	Dixi, Coville, Blueray.
Superficie de plantación	:	0,25 há.
Fecha de plantación	:	17 a 28 de Noviembre 1995.
Distancia de plantación	:	1 m. sobre hilera; 3m. entre hilera.
Número total de plantas	:	833 plantas.

En general, las plantas de Arándanos durante la temporada 98 - 99 presentaron un adecuado estado sanitario, pero con un bajo desarrollo vegetativo, debido a la excesiva carga frutal dejada la temporada 97-98, debido a la falta de un raleo oportuno de frutos durante esta. Para contrarrestar esta situación, durante la temporada 98-99 se decidió realizar un fuerte raleo de frutos en floración con la finalidad de formar una buena planta (sistema de conducción en copa), esto traerá como consecuencia una baja importante del rendimiento durante el período 98-99 con respecto al anterior.

5.1.3.1 Labores realizadas.

5.1.3.2 Poda:

Esta labor cultural al igual que en frambuesa y mora híbrida tiene como objetivo dar forma de copa a las ramas y brotes en producción con el objeto de facilitar los manejos culturales, favorecer floración y fructificación con la finalidad de obtener de las plantas la máxima producción y calidad de fruta posible.

Junio: Se realizó la poda de formación, consistente principalmente en eliminar ramas poco vigorosas y mal ubicadas, con el objetivo de dar forma de copa a las plantas de Arándano. Este sistema de conducción permite maximizar la intercepción de luz hacia el interior de las plantas logrando una mejor calidad de yemas productivas (yemas gordas) en los brotes.

5.1.3.3 Fertilización:

La parcialización de la fertilización se realizó de la siguiente manera:

Fecha	Fertilizante	Dosis
Agosto	Urea	15 g/pl.
	SFT	60 und/ha.
	Muriato de potasio	60 und/ha.
Septiembre	Azufre elemental	20 g/pl.
Noviembre	Urea.	20 g/pl.
Enero	Urea.	15 g/pl.

La fertilización indicada en el mes de agosto va orientada a nutrir las plantas con nitrógeno, fósforo y potasio, en cantidades adecuadas a la demanda de las plantas en la etapa de brotación, con el objeto de lograr un adecuado desarrollo de brotes, asegurando de esta manera una adecuada floración.

En el mes de Septiembre se realizó aplicaciones de azufre elemental con el objetivo de acidificar el suelo en lo posible a pH inferior a 6, condición indispensable para un adecuado desarrollo del arándano.

La fertilización de urea aplicada en el mes de Noviembre se orientó principalmente al desarrollo foliar de las plantas, lo cual permite obtener frutos de mayor calidad. La aplicación de fuentes nitrogenadas amoniacales cumple una doble función por un lado la nutrición de las plantas y por otro lado nos permite mantener un pH de suelo relativamente ácido, ya que los fertilizantes amoniacal presenta una reacción ácida en el suelo.

Los suelos fértiles no deben ser abonados, pero sí los muy pobres, donde las plantas responden muy bien al nitrógeno y al fósforo; en tal caso, si requieren de potasio, en lo posible tratar de usar sulfato de potasio.

5.1.3.4 Control de Malezas:

Agosto: Control de malezas con azadón en la sobre hilera y con rastra en la entre hilera. Con la finalidad de lograr la máxima herradicación de malezas anuales principalmente, las cuales fueron las más abundantes durante las épocas de cultivo de este frutal.

Octubre - Enero: Control manual con azadón sobre hilera para eliminar principalmente las malezas anuales (Margarita del campo, quinguilla, alfilerillo, bledo, rábano y sanguinárea). No fue necesario aplicar Simazina o Paraquat entre hilera debido a que no se observó ningún tipo de infestación severa.

5.1.3.5 Control de Plagas y Enfermedades:

En el caso de arándanos se ha observado un buen vigor y estado de plantas, sin encontrarse en forma visible ningún tipo de enfermedad durante la temporada 97-98 y 98-99.

Debido a que en los distintos monitoreos realizados no se observó umbrales críticos en la población de insectos, no fue necesario aplicar ningún tipo de plaguicida en ninguna de las dos temporadas.



Figura 6. Producción de Arándanos en el módulo de validación de Corinto.

5.1.4 OLIVO

El olivo es otra de las alternativas de cultivo que se está evaluando en el valle, debido a su posible adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona y a la posibilidad de poder procesarlo para la producción de aceite.

Es una especie que puede crecer en una amplia gama de climas, debido a que sus requerimientos de horas frío varían entre 400 – 1100 hrs. Además crece en forma adecuada en todo tipo de suelos. En general las plantas de olivo durante la temporada 98 - 99 presentaron un adecuado estado sanitario, con un gran vigor vegetativo, el cual se traduce en plantas de gran tamaño.

Por otra parte es un frutal que posee una atractiva rentabilidad con potenciales poderes compradores en la zona de curico.

Variedades plantadas	:	Liguria, racimo.
Superficie de plantación	:	1,0 há.
Fecha de plantación	:	17 de Noviembre 1998 24 de Noviembre 1998
Distancia de plantación	:	Vaso Tradicional (6 * 6 m: 277 árboles por Ha.) Vaso Tradicional (6 * 3 m: 555 árboles por Ha.) Monocono (6 * 5 m: 333 árboles por Ha.) Monocono (6 * 3 m: 555 árboles por Ha.) Ceto (5 * 3,5 m: 571 árboles por Ha.) Ceto (4 * 2,5 m: 1000 árboles por Ha.)

5.1.4.1 OBJETIVOS

- Determinar la adaptabilidad de la especie a la zona agroecológica de Corinto.
- Servir de unidad demostrativa en cuanto a los manejos de plantación y de conducción en los primeros años de establecimiento del cultivo.
- Establecer distintas densidades de plantación y sistemas de conducción, para ir de esta forma evaluando en el tiempo cual es lo más adecuada para las condiciones agroecológicas de la zona.

5.1.4.2 Metodología:

Se estableció un huerto experimental con una superficie cercana a 1 ha. Dentro de los ensayos realizados se encuentran:

5.1.4.3 Sistema de conducción: En esta unidad se evaluarán tres sistemas de conducción posibles de implementar con diferentes densidades de plantación para cada caso:

- Conducción de vaso tradicional:* Caracterizado por una baja densidad de plantación y una entrada de producción más lenta en este caso se probarán dos densidades.
 - Vaso Tradicional (6 * 6 m: 277 árboles por hectárea).
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Liguria); 34 plantas.
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Racimo); 34 plantas.
 - Vaso Tradicional (6 * 3 m: 555 árboles por hectárea).
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Liguria); 66 plantas.
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Racimo); 64 plantas.

b. Conducción de monocono: Caracterizado por una rápida entrada en producción de la planta con mínima poda y una formación piramidal que optimiza la entrada de luz en la planta. En este caso se probarán dos densidades.

- Monocono (6 * 5 m: 333 árboles por hectárea).
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Liguria); 37 plantas.
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Racimo); 36 plantas.

- Monocono (6 * 3 m: 555 árboles por hectárea).
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Liguria); 58 plantas.
 - 2 Laterales de Riego (Variedad Racimo); 55 plantas.

c. Conducción en ceto: Sistema de alta densidad caracterizado por una conducción inicial en monocono pero que gracias a una mecanización de poda en el tiempo se transformará en un muro de producción. Este sistema podría incluso cosecharse en forma mecánica al adaptar maquinaria utilizada para cosechar viñedos.

- Ceto (5 * 3,5 m: 571 árboles por hectárea).
 - 3 Laterales de Riego (Variedad Liguria); 60 plantas.
 - 3 Laterales de Riego (Variedad Racimo); 57 plantas.

- Ceto (4 * 2,5 m: 1000 árboles por hectárea.).
 - 4 Laterales de Riego (Variedad Liguria); 90 plantas.
 - 4 Laterales de Riego (Variedad Racimo); 69 plantas.

5.1.4.4 Labores de plantación:

Se realizó la hoyadura de plantación (40 * 40 * 40 cm.) de cada árbol a plantar según el marco de plantación pre-establecido. En cada hoyo de plantación se realizó la aplicación de mezcla fertilizante NPK (nitrógeno, fósforo y Potasio) en cantidades de 50 gr. de nutriente por fertilizante, aplicado en el fondo del hoyo de plantación. Una vez aplicado el fertilizante, este fue tapado con una capa de tierra

para evitar que las raíces queden en contacto directo con el fertilizante y evitar posible fitotoxicidad por mala localización de fertilizante. Una vez puesta la planta en su lugar definitivo se procedió a realizar el primer riego de establecimiento.

Después de realizada la plantación se procedió a colocar un tutor de coligue de aproximadamente 1,5 m. de longitud, instalado al lado opuesto de la planta en contra la dirección de vientos predominantes de la zona, para evitar de esta forma la caída de las plantas.

En general, las plantas de Olivos presentan un adecuado estado sanitario, con un excelente vigor y desarrollo vegetativo. Esta temporada se decidió realizar una suave fertilización con mezcla de nitrógeno, fosforo y potasio con la finalidad de formar una planta con buen sistema vegetativo de soporte (sistemas de conducción).



Figura 7. Huerto de olivos en formación, orientados a ser formados bajo tres sistemas distintos de conducción.

5.1.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL MÓDULO CORINTO

La fuente de abastecimiento del recurso agua se encuentra a 596 m. al lado norte del módulo. Esta agua es extraída de un acumulador nocturno de propiedad del dueño del predio. La conducción del agua se realiza por medio de una tubería de polietileno de 2 pulgadas, la cual es impulsada mediante una bomba eléctrica trifásica Pedrollo CP25/200A.

Inicialmente el riego por goteo estaba subdividido en tres cuarteles, en relación a cada uno de los frutales menores plantados, el cual fue posteriormente resectorizado en cinco subsectores para una mejor optimización del sistema de riego.

Cada subunidad ocupa una superficie de aproximadamente 1300 m², las cuales son controladas con válvulas de bola. Como sistema de seguridad se instalaron válvulas de aire, después de cada válvula de bola, para así evitar presiones negativas dentro de las tuberías, ocasionadas por variaciones de presión o por el vaciamiento de éstas. El agua destinada al riego por goteo fluye por dos filtros de arena y uno de malla.

Se regó con goteros autocompensados de 4 lt/hr, distribuidos a 1 metro sobre la hilera y a 3,0 m. entre hilera, según el cultivo a regar.

Como una forma de diagnosticar el adecuado funcionamiento del sistema de riego se realizaron pruebas de unifomidad en goteros, de este estudio se observó deficiencias importantes en el sistema de riego, debido a lo cual se decidió realizar un estudio hidráulico al sistema de riego en toda la unidad de validación de Corinto. A continuación se indican problemas y soluciones.

5.1.6 PROBLEMAS DETECTADOS

En el estudio hidráulico realizado por el equipo del SIAR se encontraron los siguientes problemas:

- Selección de la bomba inadecuada, pues no era capaz de suplir los 42 m.c.a requeridos por el sistema. (Anexos).
- Mala sectorización de los paños de riego, lo cual provocaba una mala distribución de agua en la frambuesa, Arándano y Mora híbrida. Incluso en frambuesa, se observó sectores que no recibían agua. Por lo cual hubo que resectorizar de tres subsectores antiguos a cinco (ver figura 8 y 9).
- Mal estado de los filtros, producto de un mal manejo del retrolavado de estos.
- Obturación casi total de los goteros.

5.1.7 SOLUCIONES

En base a los problemas observados anteriormente :

1.-) Se reemplazó la bomba de alto caudal HONDA *WH20X (motobomba de combustión interna)* por una bomba Pedrollo CP25/200A (bomba eléctrica trifásica, 50 Mhz de 4 Hp.), para mantener en forma apropiada la presión de operación de los goteros en los sectores críticos.

2.-) Se realizó una nueva sectorización de los paños de riego, la cual consistió en replantar los sectores de riego de tres a cinco (figura 11, pág. 34). Además se instaló un sistema de válvulas hacia el final de cada subsector con la finalidad de realizar lavados de cola en cada uno de los subsectores en forma independiente. Con esta solución se logró mejorar sustancialmente la distribución del agua de riego.

3.-) Se instaló una malla fina en el chupador de la tubería de succión de la bomba. Además se incorporó al chupador un flotador para impedir que este quede en contacto directo con el fondo del embalse, evitando así la succión de borra desde el fondo del tranque.

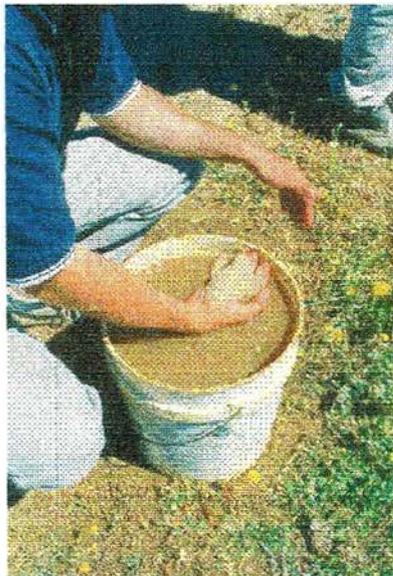
4.-) **Mantenimiento:** Para mejorar el estado de los filtros se realizó la extracción de la arena de cuarzo desde los filtros de grava, la cual fue revisada con el fin de asegurar que esta presentará una adecuada angulación, de esta forma poder reutilizarla. Debido a que esta presentó una buena angulación, se procedió a lavar en forma rigurosa hasta extraer totalmente la tierra adsorbida en ella. El filtro de malla existente fue reemplazado por uno con mayor capacidad filtrante, para ello se cambió sólo la malla, manteniendo el antiguo armazón.



Pruebas de uniformidad en goteros



Lavado de filtros de grava



Lavado de grava de los filtros de arena



Grava limpia y con angulación adecuada para el filtrado

Figura 8. Esquema original de la instalación del sistema de riego en frutales menores en la unidad de validación de Corinto, antes de ser resectorizado.

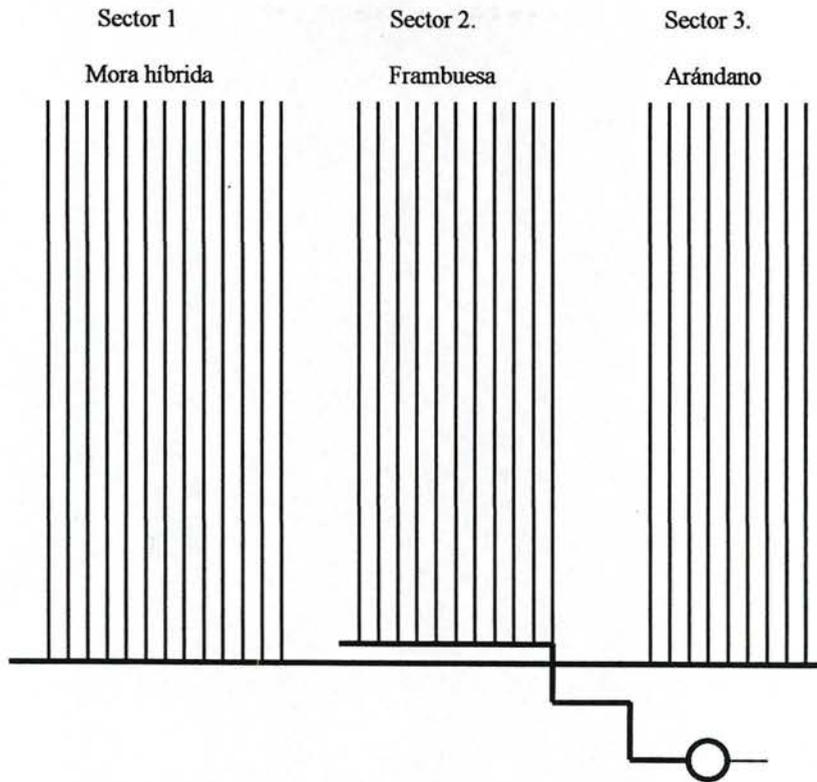
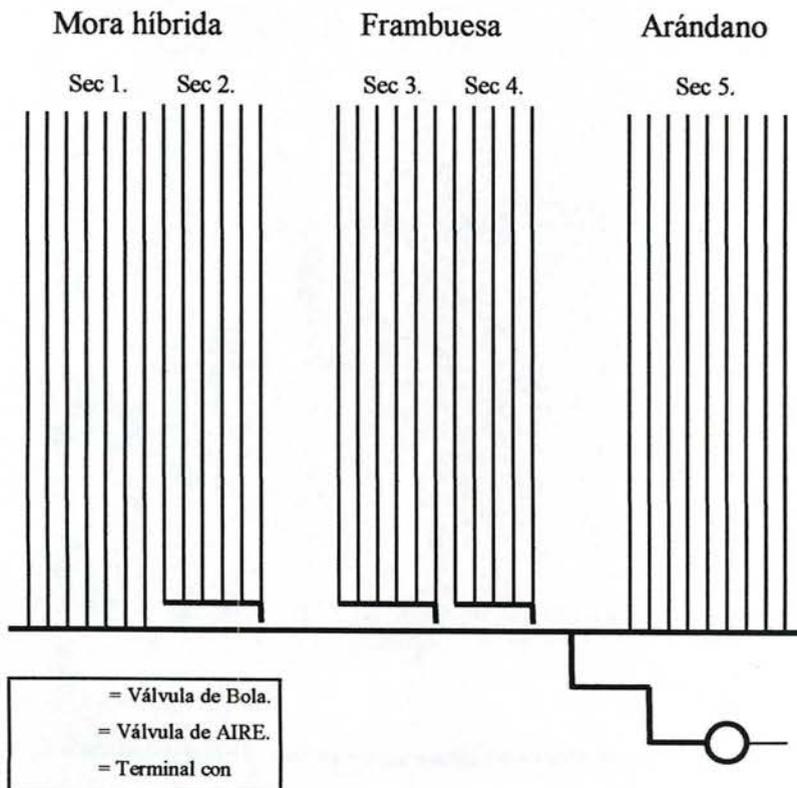


Figura 9. Nuevo Diseño (resectorizado) del módulo de validación Corinto



VI.- ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MODULO DEMOSTRATIVO DE BOTALCURA

6.1 JUSTIFICACION

Se estableció un módulo demostrativo de vides viníferas de 0,5 hectáreas regados por goteo, con la finalidad de interesar a los pequeños agricultores del sector a cambiar la variedad país por cepas varietales Cabernet sauvignon (ver figura 10).

Las vides viníferas de cepa fina son cultivos de alta rentabilidad que pueden ser producidos en el valle de Péncahue bajo condiciones de riego. En estos momentos existen poderes compradores cercanos (Concha y Toro de Corinto), a esto se le puede agregar las ventajas comparativas de su condición climática de alta radiación y temperaturas, la cual nos permite obtener producciones anticipadas en comparación a otros sectores de la provincia de Talca, abriendo además una nueva posibilidad productiva para los agricultores del valle de Péncahue.

6.2 OBJETIVOS

Mostrar las potencialidades del valle de Péncahue (localidad de Botalcura) para el desarrollo de la actividad vitivinícola, proporcionando una alternativa de reconversión real al agricultor al cambiar de vides variedad. País a cepas varietales finas (Cabernet sauvignon).

6.3 METODOLOGÍA

En el predio situado en Botalcura, propiedad del señor Miguel Berrios Berrios se plantó 0,5 hectáreas de vides Cabernet sauvignon, distribuidas en un marco de plantación de 3 m. entre hilera por 1 m. sobre hilera, las que fueron regadas mediante

el método de riego por goteo. Para ello se utilizó un cabezal de riego que consta de dos filtros de grava y uno de malla artesanales; los cuales son abastecidos por el canal Pencahue, para ello se instaló una bomba eléctrica Pedrollo de ½ Hp. El agua es conducida a través del cabezal de riego al campo donde es distribuida en tubería PVC de 32 mm.

La superficie total a regar (0,5 hectáreas) fue dividida en cuatro sectores de riego (ver figura 10), con la finalidad de optimizar el sistema y las operaciones de riego, a su vez se utilizaron laterales de polietileno de 16 mm. diámetro interno, la cual lleva inserto goteros autocompensados (uno por planta) con una descarga de 4 lts/hr.

Es importante señalar que al momento de asumir el manejo de la unidad de validación Botalcura, el equipo del SIAR, encontró la siguiente situación en el cultivo de vides Cabernet sauvignon :

Un pésimo estado general de las plantas, con una alta desuniformidad, encontrándose vides formadas junto a otras en vías de formación, además de un alto número de plantas muertas, cloróticas con poco vigor.

La conducción del viñedo hasta ese momento no era clara debido a un mal manejo de la poda realizada por el propietario, el cual no pudo ceñirse a las recomendaciones entregadas por falta de mano de obra. Lo anterior contribuyó a la presencia de plantas débiles y cloróticas.

El sistema de filtrado y goteo se encontraba totalmente obturado por mal manejo en la operación de retrolavado. Por otra parte, se presentó un problema en el suministro eléctrico para hacer funcionar el sistema de riego. por lo anterior se instaló una motobomba bencinera para regar durante la temporada 97/98.

Para la temporada 98/99 no fue posible recuperar las plantas, debido a la ocurrencia de un período de 25 días (fines de diciembre, principio de enero), durante

los cuales faltó el suministro hídrico en el canal alimentador del sistema. Además hubo poca disposición por parte del agricultor a cooperar con el trabajo en terreno.

Por los problemas antes expuestos, no fue posible cumplir con los objetivos de investigación del comportamiento fenológico de la vid, potencial productivo y programación del riego, remitiéndonos sólo a entregar los insumos y recomendaciones necesarias para un mejoramiento de las condiciones generales del viñedo.

En la Figura N° 11, se presenta el esquema de distribución del cultivo y sistema de riego en la parcela de validación Botalcura.

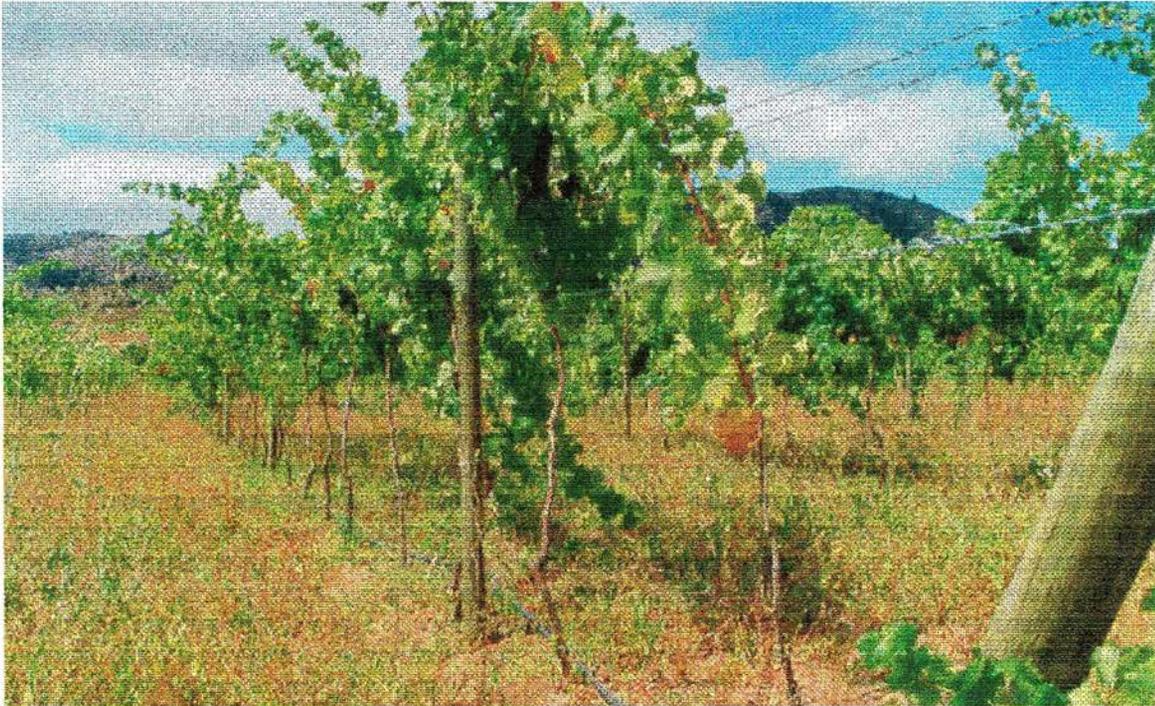


Figura 10. Producción de Uva cultivar Cabernet sauvignon en el módulo de validación de Botolcura.

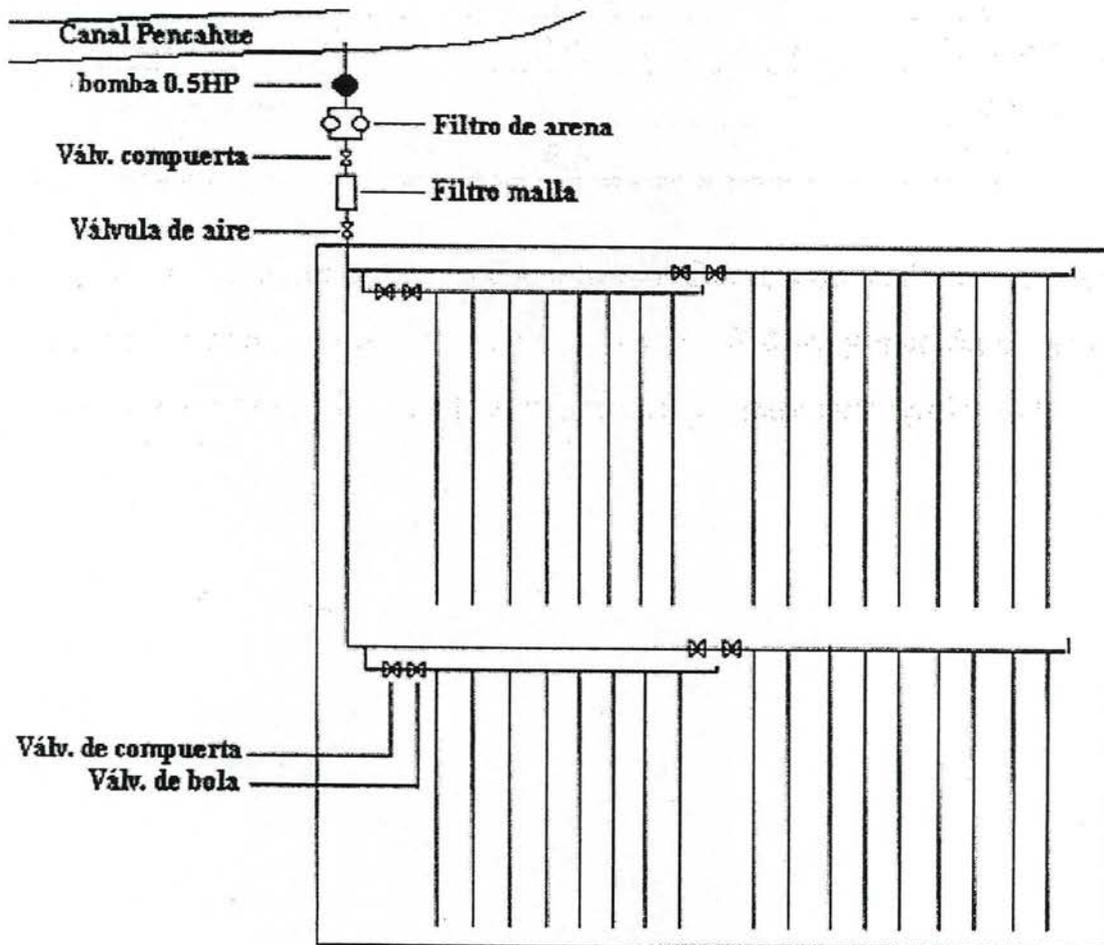


Figura 11. Esquema de la instalación del sistemas de riego en la unidad de validación de Botalcura.

6.4 PRÁCTICAS CULTURALES VIDES (*Cabernet Sauvignon*), LOCALIDAD DE BOTALCURA.

A continuación se describen las prácticas culturales realizadas en las vides ubicadas en la zona de Botalcura.

6.4.1 VIDES

6.4.2 Fertilización:

Se realizó la fertilización nitrogenada (90 Und. de urea/ha) el 15 de Septiembre, la cual está orientada a lograr un adecuado crecimiento de raíces y óptima brotación en la presente temporada.

6.4.3 Poda, Amarre y desbrote:

Julio: Poda de producción ó poda de invierno, se realizó de acuerdo al sistema de conducción elegido (espaldera simple). Al momento de realizar la poda se eligió los dos mejores sarmientos por planta de aquellos que hubieran alcanzado los alambres de follaje, lo anterior de acuerdo a criterios de ubicación, estado sanitario y lignificación. Estos dos sarmientos fueron podados en cargadores cortos de cinco yemas cada uno, los cuales fueron conducidos y amarrados en el alambre de producción.

Octubre: Se realizó una eliminación de los brotes (desbrote) que nacieron de la madera vieja (chupones), con lo que se permite concentrar los asimilados en la parte aérea de la planta, hojas y racimos en formación.

6.4.4 Preparación de suelo:

Julio: Se realizó la preparación del suelo con una rotura y dos cruces con caballo en la zona entre hileras. El objetivo de esta labor es de oxigenar las raíces, como también controlar malezas. Esta labor permitirá un mejor desarrollo y regeneración de raicillas, además de una mayor capacidad de exploración del sistema radical en el perfil del suelo.

6.4.5 Aplicaciones contra plagas y enfermedades:

Octubre - Diciembre: Se realizaron 5 aplicaciones preventivas de azufre en polvo, utilizando dosis de 14 kg. por hectárea con la finalidad de controlar oidio.

6.5 SISTEMA DE RIEGO BOTALCURA

Debido a las deficiencias observadas en el sistema de riego de la unidad de validación Botalcura, se realizó un estudio completo del sistema de riego. A continuación se indican los problemas y soluciones.

6.5.1 PROBLEMAS DETECTADOS

En el estudio realizado se encontraron los siguientes problemas:

- Falta de suministro eléctrico para la operación del sistema de bombeo (falta de medidor de luz)
- Mal estado de los filtros, producto de un mal manejo del retrolavado en temporadas anteriores.
- Obturación total del sistema de filtrado y goteo.
- Falta de un suministro hídrico constante del canal que alimenta al sistema de riego (zona de succión de la bomba) en el mes de diciembre de la temporada 1998-99.

6.5.2 SOLUCIONES

En base a los problemas observados anteriormente :

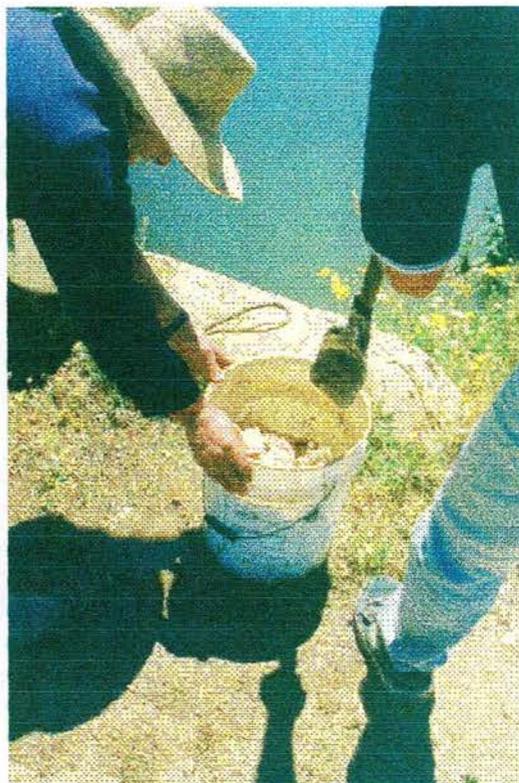
1.-) **Mantenimiento:** Para mejorar el estado de los filtros se realizó la extracción de la arena de cuarzo desde los filtros de grava, la cual fue revisada con el fin de asegurar que esta presentará una adecuada angulación, de esta forma poder reutilizarla. Debido a que esta presentó un buen estado, se procedió a lavarla en forma rigurosa hasta extraer totalmente la tierra adsorbida a ella. El filtro de malla existente también fue rigurosamente lavado con el objetivo de recuperar la capacidad filtrante del sistema.

2.-) Se realizó un acucioso lavado de las matrices, sub matrices y laterales de riego (lavados de cola), con el objetivo de optimizar la operación y utilización del sistema.

3.-) Se desarmó totalmente el sistema de bombeo y se realizó la lubricación completa de sus partes.



Lavado del filtro de arena



Lavado de la grava del filtro de arena

6.6 INFORME DOCENCIA

6.6.1 PRACTICAS ESTIVALES.

1) **MANUEL VALENZUELA SALINAS.** “Análisis hidráulico del sistema de Riego por goteo de la parcela demostrativa de Corinto, Penciahue VII región”.

2) **MARCELA GUERRA V.** “Caracterización de Emisores en laboratorio y Evaluación en Terreno (Parcela Experimental Demostrativa de Corinto, Proyecto Penciahue UTAL – CNR)”.

6.6.2 TESIS

JACK CÉSPEDES

TÍTULO: "Efecto de tres fechas de corte de agua previo a la cosecha sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial (Heinz 9663)".

Objetivo: Estudiar el efecto de tres cortes de agua (10 y 20 días antes de cosecha, más un testigo sin cortes) sobre la producción, y calidad industrial de la variedad de tomate industrial Heinz 9663, (con un ciclo total de 120 días después de transplante).

VII.- CONCLUSIONES

Es importante señalar que Corinto y Botalcura poseen una condición climática un tanto diferente al resto del valle central, en cuanto a la presencia de una mayor radiación y acumulación térmica en períodos estivales, lo cual permite obtener producciones anticipadas en comparación al resto de la provincia, abriendo así una nueva posibilidad productiva para los agricultores de Penciahue, como lo sería la producción de frutales menores, vides y olivos.

La producción de frutales menores como frambuesa, mora híbrida y arándano tuvieron un buen comportamiento, en las condiciones edafoclimáticas del valle, alcanzando en general rendimientos muy por sobre el promedio nacional. Esta misma tendencia se pudo observar en el cultivo de tomate industrial. También presentaron una buena adaptación la vid vinífera y los olivos, en estos últimos se requiere de más tiempo para su evaluación.

Las actividades de divulgación sigue siendo una herramienta de vital importancia en programas de investigación y transferencia de primer orden. Dentro de esta, se puede destacar la realización de cursos de capacitación en técnicas de programación del riego, los cuales tuvieron una especial acogida entre profesionales y técnicos del área. Existiendo en Penciahue principalmente tres entidades de transferencia tecnológica de INDAP, como Fundación CRATE, Centro CATEV y EMTEC.

Otra modalidad de divulgación que tuvo una gran acogida a nivel de productores, fue la realización de días de campo en la unidad de validación Corinto, donde se observó un gran interés por parte de los agricultores en la producción de los frutales menores, especialmente arándano. Otra especie que despertó un gran interés fue la producción de olivos destinados a la producción de aceite.

El método de riego por goteo se presenta, como una excelente alternativa de irrigación para las condiciones de clima (altas demandas hídricas en condiciones de escasés de agua) y topografía (irregulares) del valle de Péncahue. Teniendo el cuidado de señalar que la adopción de estas tecnologías de riego, necesariamente deben ir acompañadas de la introducción de cultivos rentables.

La adopción de este paquete tecnológico necesariamente debe ir complementada integralmente por una política de transferencia a los productores, con asesorías técnica continua en la operación y optimización de estos métodos de riego.

Se pudo observar que en todas las especies producidas (tomate industrial, frambuesa, arándano, mora híbrida, vides y olivos), existió un bajísimo ataque de plagas y enfermedades, tanto en el sector de Botalcura como en el de Corinto, lo que constituye una gran ventaja para la producción agrícola de estas especies en el valle de Péncahue.

VIII.- RECOMENDACIÓN

Dada la experiencia recopilada en la ejecución del proyecto "Programa de aplicación de tecnologías de riego al sistema productivo del valle de Penciahue, VII región", se observó una excelente adaptación de estas especies a las condiciones edafoclimáticas del valle, debido a lo cual se pudo verificar en forma práctica, que esta zona es adecuada para la producción de frambuesa, mora híbrida, arándano y olivos. Esto permite abrir una nueva posibilidad productiva de diversificación para los agricultores de la zona Penciahue. Siendo la producción de arándanos y olivos las actividades productivas de mayor relevancia debido a su mayor rentabilidad económica.

Através de gestiones de entidades gubernamentales como INDAP o bien asociaciones de agricultores, se debería establecer un contacto con las empresas agroindustriales de berries (poderes compradores) de Curicó y Linares, para conocer sus proyecciones reales de procesamiento y necesidades de materia prima. Ello permitirá determinar el número potencial de hectáreas posibles de establecer por parte de los agricultores y concretar de esta manera un contrato de compra y venta entre la agroindustria y los productores.

Es importante tener en cuenta para futuras investigaciones el efecto del estado fenológico sobre el consumo de agua de un cultivo, el cual está representado por el coeficiente de cultivo o de riego (K_r), el que depende del índice de área foliar, la localidad, la variedad, sistema de riego y manejo agronómico. Debido a lo anterior, este parámetro representa una gran incertidumbre y agrega un importante error en la estimación final del consumo de agua de los cultivos ya que se usan coeficientes obtenidos del extranjero que no han sido validados para las diferentes zonas productoras de la región y del país.

IX.- PROPUESTA DE CONTINUIDAD DEL PROGRAMA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN RIEGO Y CULTIVOS PARA EL VALLE DE PENCAHUE.

Es necesario manifestar que una parte importante de la presente propuesta de continuidad del programa de transferencia, va orientada al correcto manejo y mantención de los sistemas de riego mecanizados. Por lo cual se hace indispensable ejecutar un proyecto que contemple, la capacitación de los agricultores que hayan sido beneficiados con el subsidio a la ley de fomento al riego y drenaje 18.450, que contemple la correcta operación, mantención y evaluación en terreno de sistemas de riego presurizados.

Otro punto importante a solucionar es la problemática del manejo de agua en la agricultura, ya que las instituciones que realizan investigación en riego han dado énfasis sólo al diseño y distribución del agua a nivel predial, respondiendo así, a la interrogante de cómo regar, descuidando la programación del riego, que es fundamental para determinar las frecuencias y tiempos de riego acorde a las condiciones edafoclimáticas particulares. A continuación se presenta una propuesta a las interrogantes expuestas anteriormente.

9.1 MANEJO Y MANTENCIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

La propuesta va dirigida a la realización de cursos prácticos de capacitación a agricultores que hayan sido beneficiados con el subsidio a la ley de fomento al riego en el manejo de sistemas de riego presurizados. Estos cursos contemplan la optimización y utilización práctica de los sistemas de riego por goteo, principalmente. El objetivo de esta capacitación es mostrar los aspectos más importantes y sensibles en la operación, mantención y evaluación en terreno de los sistemas de riego por goteo. Dirigida principalmente a técnicos transferencistas y a obreros encargados de estos sistemas. A continuación se presenta el temario a desarrollar en la capacitación.

Tema 1: Cámara de acumulación de agua

- a) Mantenimiento y reparación de compuertas de hoja en mal estado.
- b) Instalación y mantenimiento de mallas (de mayor a menor grado de perforación) en al menos 3 secciones del canal.
- c) Mantenimiento de canales, aguas arriba de la zona de succión.
- d) Mantenimiento y limpieza de válvulas de pie existentes en la cámara de aducción.

Tema 2: Centro de Control

Se requieren realizar diferentes acciones de mantenimiento en los equipos instalados:

- a) Mantenimiento de motores y bombas . Esto incluye elaboración de registro de mantenimiento del cabezal de riego (verificación permanentes de ruidos, vibraciones, fugas, temperatura, flujo, presión y nivel de bombeo).
- b) Limpieza y mantenimiento de filtros de arena (esto incluye retrolavado y limpieza de arena de cuarzo o reposición total de la arena)
- c) Limpieza y mantenimiento de filtros de malla (cabezal de riego). Verificación interna de estos.
- d) Limpiar microtubos de conexiones hidráulicas correspondientes a las válvulas de retrolavado. Esto incluye reemplazar aquellos con mucho tiempo de uso o que se salgan fácilmente de su inserción, lubricación de las válvulas y revisión de manómetros con glicerina instalados en el cabezal de riego.

e) Explicar la importancia de pintar partes y piezas (exteriores) de los diversos componentes del equipo de riego.

Tema 3 : Red de Riego

- a) Mantenición y limpieza de matrices, submatrices y laterales de riego.
- b) Limpieza e instalación de emisores con distintos tipos de biosidas y ácidos (fosfórico, sulfúrico, etc).

Tema 4: Evaluación del Sistema de riego por goteo

- a) Enseñar metodología de evaluación de uniformidad en sistemas de riego por goteo.
- b) Entregar herramientas para la toma de decisiones en cuanto a reemplazar o no los emisores evaluados.
- c) Entregar herramientas que permitan determinar si el sistema de riego esta correctamente dimensionado según las necesidades del cultivo.

9.2 PROPUESTA DE PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

9.2.1 Justificación:

La programación del riego es una técnica que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar a los cultivos de acuerdo a las interacciones específicas de suelo, cultivo, clima y manejo agronómico. Esta técnica consiste en determinar la frecuencia y tiempo de riego adecuado con el objeto de optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas. La técnica más usada en Chile para programar el riego es la propuesta por Doorenbos y Pruitt (1976), la cual no ha sido validada localmente y presenta serios errores en el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos (Ortega, 1998). Además, es importante indicar que esta técnica está siendo reemplazada en los países desarrollados por metodologías que incorporan modelos matemáticos complejos que son capaces de integrar más eficientemente el efecto de las interacciones entre suelo, clima y cultivo sobre la demanda hídrica de los frutales y vides. Lo anterior ha sido posible gracias a los grandes avances tecnológicos experimentados en los últimos 15 años en las áreas de la informática, de almacenamiento y transmisión de información e instrumentación meteorológica.

9.2.2 CAPACITACIÓN

La capacitación va dirigida principalmente a extensionistas (técnicos y profesionales), los cuales participarán en cursos básicos, los cuales serán complementados con talleres y visitas a terreno. Al término de estos cursos los asistentes habrán recibido una capacitación que les permitirá detectar los principales problemas de manejo y optimización del agua de riego, a través de adecuadas técnicas de programación del riego, las cuales consideran en forma integral aspectos de suelo, clima y fisiología de la planta (coeficientes de cultivo y coeficientes de riego, K_c y K_r , respectivamente). El objetivo del curso será mostrar aspectos básicos de programación del riego y de manejo del agua intrapredial a Ing. Agrónomos y

técnicos que desarrollan actividades de extensión a pequeños agricultores de la zona de Péncahue. El programa preliminar de los cursos serían:

1.- Relaciones hídricas, o sea, relación suelo-planta-agua.

- Necesidad de agua de las plantas, movimiento de agua desde el suelo hasta la atmósfera y factores que influyen en este movimiento.

2.- Características físico hídrica de los suelos.

- Importancia de las propiedades físico – hídricas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente) en la programación del riego.

3.- Medición del agua en el suelo

- Uso de barreno, tensiómetro y método gravimétrico de determinación de humedad del suelo.

4.- Determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos

- Conceptos básicos de evapotranspiración y determinación del consumo de agua (K_c , K_r , K_p , y efecto del clima en la evapotranspiración).
- Programación del riego en sistemas de riego superficial y presurizados (técnicas para determinar frecuencia y tiempo de riego).
- Instrumentos para medir el consumo de agua (bandeja de evaporación, estaciones meteorológicas automáticas, etc).
- Eficiencia de riego y su incidencia en las necesidades totales de agua para un cultivo.

9.2.3 INVESTIGACIÓN

9.2.3.1 Justificación:

El efecto del estado fenológico sobre el consumo de agua de un cultivo esta representado por el coeficiente de cultivo o de riego (K_r), el cual depende de un gran número de factores a saber: el índice de área foliar o porcentaje de cubrimiento del suelo por el follaje, la localidad, la variedad, sistema de riego y manejo agronómico. Debido a lo anterior, el K_r representa una gran incertidumbre y agrega un importante error en la estimación final del consumo de agua de los cultivos ya que se usan coeficientes obtenidos del extranjero que no han sido validados para las diferentes zonas productoras de Chile. Así, por ejemplo, en la literatura es posible encontrar diferentes valores K_r para la vid en pleno crecimiento de 0,4 (Mitchell and Goodwin, 1996), 0,69 (Grattan, 1988) y 0,9 (Doorenbos y Pruitt, 1980). Por este motivo, en los países que han implementado sistemas meteorológicos automáticos para la programación del riego, existe investigación destinada a desarrollar coeficientes específicos de riego para diferentes cultivos y localidades agroecológicas (Grattan, 1988; López y López, 1992; Ojeda *et al.*, 1998).

9.2.3.2 Desarrollo de coeficientes de cultivo

Para desarrollar los coeficientes de cultivo (K_c) y coeficiente de bandeja (K_p) se utilizará el método del balance hídrico y establecimiento de una unidad agroclimática de referencia (UAR), respectivamente para los cultivos más importantes de la zona en una primera etapa y luego con aquellos de una importancia relativa menor.

Unidad Agroclimática de Referencia (UAR)

La UAR deben tener una superficie de 100 m² de césped (festuca), el cual debe ser mantenida en condiciones de referencia (8 a 15 cm de altura uniforme, de

crecimiento activo y que cubra totalmente el suelo) y en óptimas condiciones de hídricas. Sobre esta superficie se instalará una Estación Meteorológica Automática o bandeja de evaporación clase A, para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_r).

Método del balance hídrico:

Este método permite cuantificar en forma directa la cantidad de agua consumida por los cultivos y/o la vegetación natural. Se basa en el balance hídrico del sistema suelo-planta-atmósfera en el cual se registra cuidadosa y sistemáticamente cada componente del balance hídrico (cambios en el contenido de humedad en el suelo, salidas y entradas de agua en el sistema suelo-planta).

Utilizando la ley de la conservación de la masa, la evapotranspiración puede estimarse como:

$$Et_{real} = Es + pp + W - (Pp + R + Nf)$$

donde: **ET_{real}** = consumo de agua del cultivo (mm); **Es**= escurrimiento superficial (mm); **pp**= percolación profunda (mm); **W**= contenido de humedad del suelo (mm); **Pp**= precipitaciones (mm); **R**= riegos (mm); **Nf** = napa freática (mm).

La determinación de tres componentes del balance hídrico en riego por goteo y tendido se realizará de la siguiente forma:

- Precipitaciones, se obtendrán del registro de las estaciones meteorológicas automáticas.
- Contenido de humedad del suelo, se cuantificará periódicamente mediante la determinación de humedad gravimétrica.

- Evolución de la napa freática, se cuantificará en forma periódica a través de piezómetros.

Por otra parte, en la determinación de los restantes componentes varían las metodologías dependiendo del sistema de riego que se utilice, así:

- Escurrimiento superficial, para el caso de riegos localizados se asume cero; en cambio para tendido y surco será necesario aforar el caudal de entrada y salida.
- Percolación profunda, en caso de riego por tendido será posible estimar el volumen de agua que se pierde bajo las raíces conociendo el caudal de entrada y salida y el volumen almacenado en la zona efectiva de las raíces, a través de la determinación de las propiedades físico-hídricas del suelo. En cambio en sistema de riego por goteo bien manejado las pérdidas por este concepto son nulas.

Riego, se estimará por la diferencia entre el volumen de entrada el escurrimiento superficial y la percolación profunda en el sistema de riego por tendido. En goteo este corresponde al volumen aplicado en función de la capacidad de estanque del suelo. El desarrollo de coeficientes de cultivo locales se realizará utilizando el balance hídrico, el cual se hará en cada Módulo demostrativo (MODEM) de acuerdo a la metodología propuesta por el SIAR durante la temporada 98/99. Este balance se realizará periódicamente desde septiembre a abril durante un mínimo de tres temporadas.

Finalmente con la ET_{real} obtenida en el cultivo de referencia y la ET_{real} de los cultivos se podrán determinar los coeficientes de cultivo según la siguiente relación:

$$Kc = \frac{ET_{real}}{ET_{referencia}}$$

Para validar los coeficientes de cultivo se realizarán ensayos de terreno con distintas especies como frutales menores y vides.

De acuerdo al diagnóstico efectuado en las zonas que funcionarán como pilotos, los cultivos en los cuales se comenzará la determinación de los coeficientes de cultivo son los siguientes:

- Frambuesa
- Arándano
- Mora híbrida
- Olivos
- Vides viníferas, etc.

En la determinación de los coeficientes de cultivo se considerarán las especies manejadas con riego por goteo.

x. Anexos

Tabla N° 1. Peso promedio (g) de fruto para tres fechas de muestreo en frambuesa (primera flor) y mora híbrida temporada 98-99.

Especie/Fecha	15/12	25/12	4/01
Frambuesa	1.82	2.06	1.35
Mora Híbrida	3.71	4.14	3.98

Tabla N° 2. Rendimiento por metro lineal (g) para tres fechas de muestreo en frambuesas (primera flor) y mora híbrida temporada 98-99.

Especie/Fecha	15/12	25/12	4/01
Frambuesa	220.4	101.3	38.1
Mora Híbrida	1306	310.8	210

Tabla N° 3. Rendimiento por metro lineal (g) para tres fechas de muestreo en frambuesas (segunda flor).

ESPECIE/FECHA	10/02	18/02	25/02
FRAMBUESA	380,7	193,1	75,2

Tabla N° 4. Rendimiento de frambuesa temporada 1997-98 en unidad de validación Corinto.

Especies	Rendimiento acumulado / metro lineal	Rendimiento por hectárea (kg).
Primera flor	359,8 gr.	1.964
Segunda flor	1826,8 gr.	9.976

Tabla N° 5. Rendimiento de frambuesa temporada 1998-99 en unidad de validación Corinto.

Especies	Rendimiento acumulado / metro lineal	Rendimiento por hectárea (kg).
Primera flor	449,75 gr.	2.456
Segunda flor	2283,75 gr.	12.475

Tabla N° 6. Características generales de Arándano, de las variedades presentes en la parcela demostrativas de Corinto.

CULTIVAR	PRECOCIDAD	TAMAÑO	COLOR	CICATRIZ	SABOR
Blueray	7	10	8	7	9
Dixi	4	10	6	5	9
Coville	2	10	7	6	9

^z : Escala: Para precocidad: 1, más tardío; 10, más temprano. Para color : 1 oscuro; 10 claro. Para otras características: 1, más pobre; 10, mejor.

Tabla N° 7. Rendimiento de Arándanos (Kg/ha) en la subestación experimental Cauquenes, en las tres primeras temporadas de producción (1983-1986).

CULTIVARES	83/84	84/85	85/86
Berkeley	123	331	1258
Herbert	191	407	846
Jersey	64	175	1546
Earliblue	187	291	1957
Coville	68	369	1481
Promedio	126.6	1573	1417

Tabla N° 8. Evolución de rendimiento (Kg/ha) en cultivar Coville en Subestación Experimental Cauquenes. Cuarta a octava temporada.

Cultivar / Tempor.	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91
Coville	2224	1661	3455	8366	7007

Tabla N° 9. Los períodos aproximados de cosecha para cada uno de los cultivares de arándanos temporada 97-98 en Pencahue serían.

CULTIVAR	PERIODO DE COSECHA
Blueray	8 -25 Diciembre
Dixi	15 Diciembre - 5 Enero
Coville	20 Diciembre - 10 Enero

Cuadro N° 10. Componentes del Rendimiento en Arándanos para Corinto, Pencahue Temporada 97-98^z.

Cultivar	Peso fruto (gr)^y	N° Frutos/pl.	Peso fruto (gr/pl)	Rendimiento (Kg/ha).
Coville	1.67	207	345.7	1440.5
Dixi	1.58	300	474	1975
Blueray	1.76	221	389	1620
Promedio	1.67	242,7	403	1678

^z se consideró un número de 4167 pl/ha en todas las variedades

^y se consideró el peso promedio para la temporada

Cuadro N° 11. Componentes del Rendimiento en Arándanos para Corinto, Pencahue Temporada 98-99^z.

Cultivar	Peso fruto (gr)^y	N° Frutos/pl.	Peso fruto (gr/pl)	Rendimiento (Kg/ha).
Coville	2.00	100	200	833.4
Dixi	1.89	80	151.2	630.1
Blueray	2.11	90	189.9	791.3
Promedio	2.00	90	180.4	751.6

^z se consideró un número de 4167 pl/ha en todas las variedades

^y se consideró el peso promedio para la temporada

Tabla N° 12. Coeficientes de cultivo por etapas fenológicas, para arándano, mora híbrida y frambuesa.

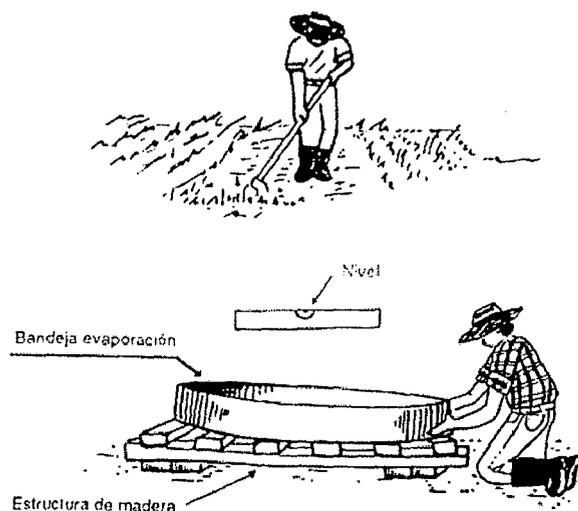
	Brotación	Floración	Cuaja	Pinta	Cosecha
Arándano	0,35	0,45	0,50	0,60	0,36
Mora	0,55	0,75	1,05	0,9	0,75
Frambuesa	0,51	0,55	0,69	0,78	0,61

Cuadro de coeficientes de cultivo adaptados de Doorenbos y Pruitt.

Protocolo de Instalación y medición de bandeja. (anexo N° 13)

En cuanto a la Instalación y operación de la bandeja de evaporación clase A: esta consiste en una cubeta cuyas medidas son 1,22 m. de diámetro y 25 cm de altura. Se instala en campo abierto, evitando la cercanía de árboles o cualquier tipo de construcción. Otra consideración importante es pintar la bandeja de color blanco con algún tipo de pintura resistente a las condiciones climáticas.

Se instala sobre una estructura de madera de 10 cm de alto, teniendo el cuidado de dejarla bien nivelada al momento de instalarla.



Posteriormente se llena de agua. La altura del agua ni debe sobrepasar los 5 cm del borde superior de la bandeja.

Si existen animales se debe proteger la bandeja con un cerco para que estos no beban el agua, por otro lado se debe cubrir la superficie de la bandeja con una rejilla para evitar que los pájaros beban también el agua.

La bandeja se debe mantener limpia. La altura del agua evaporada se mide con una regla y se registra diariamente a una hora determinada (entre 9:00 y 10:00 a.m.). después de la lectura, se rellena con agua o se saca si por efecto de la lluvia se excede el nivel inicial establecido.



Tabla N° 14. Programación semanal del riego en Frambuesas temporada estival 1998-99.

Semana	Tiempo de riego.	Caudal.	Observaciones
	(min/semana.)	m ³ /ha/sem	
07-10 al 11-10	66,9	29,7	Se regó 2 veces por Semana los días: Lunes, y Viernes.
11-10 al 18-10	146,5	64,9	
18-10 al 25-10	100,0	44,4	
25-10 al 01-11	137,4	60,9	
01-11 al 08-11	142,7	63,3	
08-11 al 15-11	218,21	96,7	
15-11 al 22-11	185,0	82,04	
22-11 al 29-11	160,4	71,1	
29-11 al 06-12	166,1	73,6	
06-12 al 13-12	166,1	73,65	
13-12 al 20-12	176,6	78,3	
20-12 al 27-12	199,5	88,43	
27-12 al 03-01	200,2	88,74	
03-01 al 10-01	201,9	89,53	
10-01 al 17-01	176,6	78,28	
17-01 al 24-01	251,7	111,6	
24-01 al 31-01	283,0	125,5	
31-01 al 07-02	237,3	105,2	
07-02 al 14-02	177,4	78,5	
14-02 al 21-02	171,2	75,9	
21-02 al 28-02	158,8	70,41	
28-02 al 07-03	69,6	30,9	
07-03 al 14-03	85,5	37,9	
14-03 al 21-03	107,6	47,7	
21-03 al 28-03	94,8	42,03	
28-03 al 31-03	38,39	17,02	

Tabla N° 15. Programación semanal del riego en Mora híbrida temporada estival 1998-99.

Semana	Tiempo de riego. (min/semana.)	Caudal. M3/ha/sem.	Observaciones
07-10 al 11-10	75,4	33,4	Se regó 2 veces por
11-10 al 18-10	164,9	73,0	Semana los días: Lunes,
18-10 al 25-10	112,6	50,0	y Viernes.
25-10 al 01-11	154,5	68,5	
01-11 al 08-11	160,6	71,2	
08-11 al 15-11	237,2	105,1	
15-11 al 22-11	205,5	91,1	
22-11 al 29-11	180,4	79,98	
29-11 al 06-12	186,9	82,86	
06-12 al 13-12	186,9	82,86	
13-12 al 20-12	194,4	86,2	
20-12 al 27-12	213,7	94,7	
27-12 al 03-01	214,5	95,1	
03-01 al 10-01	207,8	92,1	
10-01 al 17-01	172,2	76,32	
17-01 al 24-01	179,0	79,37	
24-01 al 31-01	192,0	85,12	
31-01 al 07-02	186,1	82,53	
07-02 al 14-02	173	76,7	
14-02 al 21-02	183,6	81,4	
21-02 al 28-02	176,9	78,45	
28-02 al 07-03	77,5	34,37	
07-03 al 14-03	95,2	42,2	
14-03 al 21-03	119,9	53,2	
21-03 al 28-03	105,6	46,8	
28-03 al 31-03	42,8	18,9	

Tabla N° 16. Programación semanal del riego en Arándano temporada estival 1998-1999.

Semana	Tiempo de riego.	Caudal.	Observaciones
	(min./semana.)	(m ³ /ha.)	
07-10 al 11-10	36	18,1	Se regó 2 veces por
11-10 al 18-10	78	50,3	Semana los días: Lunes, y Viernes.
18-10 al 25-10	53	34,3	
25-10 al 01-11	73	47,1	
01-11 al 08-11	76	48,9	
08-11 al 15-11	81	70,9	
15-11 al 22-11	87	76,5	
22-11 al 29-11	85	72,2	
29-11 al 06-12	88	56,9	
06-12 al 13-12	88	56,9	
13-12 al 20-12	100	61,6	
20-12 al 27-12	121	71,0	
27-12 al 03-01	122	71,3	
03-01 al 10-01	116	70,7	
10-01 al 17-01	94	60,5	
17-01 al 24-01	98	62,9	
24-01 al 31-01	105	67,5	
31-01 al 07-02	101	65,5	
07-02 al 14-02	94	60,8	
14-02 al 21-02	100	64,6	
21-02 al 28-02	96	52,8	
28-02 al 07-03	42	27,3	
07-03 al 14-03	52	33,5	
14-03 al 21-03	65	42,2	
21-03 al 28-03	58	37,2	
28-03 al 31-03	23	15,1	

Tabla 17. Coeficiente de Bandeja de Evaporación en Función de la Humedad Relativa y Velocidad del Viento.

U (Km/d)	Humedad Relativa (%)														
	20			40			60			80			100		
	D (m)			D (m)			D (m)			D (m)			D (m)		
	1	50	100	1	50	100	1	10	100	1	10	50	1	10	50
50	0,56	0,62	0,67	0,64	0,70	0,75	0,71	0,77	0,82	0,77	0,82	0,87	0,82	0,87	0,91
100	0,55	0,60	0,65	0,63	0,69	0,74	0,70	0,75	0,80	0,76	0,81	0,86	0,80	0,85	0,90
200	0,52	0,58	0,63	0,61	0,66	0,71	0,67	0,73	0,78	0,73	0,78	0,83	0,77	0,82	0,86
300	0,50	0,56	0,61	0,58	0,64	0,69	0,65	0,70	0,75	0,70	0,75	0,80	0,74	0,79	0,83
400	0,48	0,53	0,58	0,56	0,61	0,66	0,62	0,67	0,72	0,67	0,72	0,77	0,70	0,75	0,80
500	0,45	0,51	0,56	0,53	0,59	0,64	0,59	0,65	0,70	0,64	0,69	0,74	0,67	0,72	0,77
600	0,43	0,48	0,53	0,51	0,56	0,61	0,57	0,62	0,67	0,61	0,66	0,71	0,64	0,69	0,74
700	0,40	0,46	0,51	0,48	0,53	0,59	0,54	0,59	0,64	0,68	0,63	0,68	0,61	0,66	0,70

D = distancia desde la bandeja de evaporación hasta el borde de la cubierta vegetal de césped.
(metros)

U =Velocidad del viento (Km/día)

*TOPOGRAFÍA DE GRADIENTE DE PERFIL SISTEMA DE RIEGO
PRESURIZADO PROYECTO PENCAHUE.*

ESTACAS		MIRAS			COTAS	
Nº	Distancia (m)	Atrás	Intermedias	adelante	Instrumentos	estacas (m)
0	0	1,23			101,23	100
1	20		1,69			99,54
2	20	0,65		2,3	99,58	98,93
3	20	1,12		2,42	98,28	97,16
4	20		1,92			96,36
5	20		2,73			95,55
6	20		2,67			95,61
7	20		2,2			96,08
8	20		1,3			96,98
9	20	2,02		0,2	100,1	98,08
10	20		1,4			98,7
11	20		1,42			98,68
12	20		1,6			98,5
13	20		1,72			98,38
14	20		1,76			98,34
15	20		1,7			98,4
16	20		1,75			98,35
17	20		1,77			98,33
18	20	2,5		1,7	100,9	98,4
19	20		2,12			98,78
20	20		1,61			99,29
21	20	2,17		1,04	102,03	99,86
22	20		1,6			100,43
23	20		1,4			100,63
24	20		1,41			100,62
25	20	3,48		0,83	104,68	101,2
26	20		2,45			102,23
27	20		1,69			102,99
28	2		1,53			103,15
29	20		1,05			103,63
30	14			1,37		103,31

Distancia total de tubería: 596 m. (dirección del camino).

CALENDARIO ACTIVIDADES DE LABORES REALIZADAS EN FRAMBUESA, LA TEMPORADA 1997-98 y 1998-99 EN LA UNIDAD DE VALIDACIÓN CORINTO.

FRAMBUESA

Labores e Insumos	Fecha	Unidades
Poda de Producción o poda de invierno	Agosto	8 JH
Amarre	Noviembre	6 JH
Labores de cultivo		
<u>Fertilización:</u>		
Salitre Sódico (3 Parcializaciones)	Agosto	50 Und.
	Diciembre	80 Und.
Super Fosfato Triple	Agosto	90 Und.
Muriato de Potasio	Agosto	60 Und.
<u>Control Malezas:</u>		
Manual con azadón	Agosto	3 JH
	Oct.-Ene.	6 JH
<u>Riego:</u>		
Presurizado Goteo	Oct. - Dic.	4,5 hr/sem.
<u>Plagas y Enfermedades:</u>		
Cosecha	-----	-----

CALENDARIO ACTIVIDADES DE LABORES REALIZADAS EN MORA HÍBRIDA LAS TEMPORADAS 1997-98 y 1998-99 EN UNIDAD DE VALIDACIÓN CORINTO.

MORA HÍBRIDA

Labores e Insumos	Fecha	Unidades
Poda de Producción	Agosto	9 JH
Amarre	Noviembre	6 JH
Labores de cultivo		
<u>Fertilización:</u>		
Úrea (3 Parcializaciones)	Agosto	50 Und.
	Octubre	15 Und.
Super Fosfato Triple	Agosto	40 Und.
<u>Control Malezas:</u>		
Manual con azadón	Agosto	3 JH
	Oct.-Ene.	6 JH
<u>Riego:</u>		
Presurizado Goteo	Oct. - Dic.	4,5 hr/sem.
<u>Plagas y Enfermedades:</u>		
Cosecha	-----	-----

CALENDARIO ACTIVIDADES DE LABORES REALIZADAS EN ARÁNDANO LAS TEMPORADAS 1997-98 y 1998-99 EN UNIDAD DE VALIDACIÓN CORINTO.

ARÁNDANO

Labores e Insumos	Fecha	Unidades
Poda de Formación	Agosto	3 JH
Labores de cultivo		
<u>Fertilización:</u>		
Úrea (3 Parcializaciones)	Agosto	15 gr/pl.
	Noviembre	20 gr/pl.
Super Fosfato Triple	Agosto	60 Und.
Muriato de Potasio	Agosto	60 Und.
Azufre Elemental	Agosto	20 gr/pl.
<u>Control Malezas:</u>		
Manual con azadón	Agosto	3 JH
	Oct.-Ene.	8 JH
Mecanizado	Septiembre	0,2 JTR
<u>Riego:</u>		
Presurizado Goteo	Oct. – Dic.	4,5 hr/sem.
<u>Plagas y Enfermedades:</u>		
Monitoreo visual	Sept.-Febr.	-----
Cosecha	-----	-----

Tabla Cálculo de Altura Manométrica Crítica del Sistema

Componente	Largo (m).	Diámetro interno (mm)	Pérdida de carga (m.c.a)
Tubería conducción.	596	50	10
Desnivel perfil	-----	-----	4
Filtros (malla, arena)	-----	-----	8
Vénturi	-----	-----	10
Laterales y emisores	-----	-----	10
Total	-----	-----	42



*COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS*

*UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Servicio Integrado de Agroclimatología y Riego
(SIAR)*



PROGRAMACIÓN DEL RIEGO



TALCA, MARZO DE 1999

PREAMBULO

El Canal Pencahue en la VII región, fue construido para dotar de riego seguro a unas 12.000 hectáreas de secano emplazadas en un área con condiciones climáticas excelentes en términos de un largo período con alta radiación solar y ausencia de precipitaciones en verano que otorgan condiciones para un desarrollo precoz y de alta calidad tanto de frutales, viñas y hortaliza. Sin embargo sus suelos son de regular calidad, ya que aproximadamente el 70 % de ellos son de tercera y cuarta categoría lo que implica serias restricciones en el manejo del riego por su alta susceptibilidad a la erosión. Esta limitante, sin embargo, puede ser ampliamente superada con la utilización de sistemas de riego localizados como es el riego por goteo que se puede establecer con éxito en suelos de topografía irregular, de poca profundidad y baja fertilidad. Estas limitantes de suelo unidas a una cultura de secano imponen un gran desafío a los agricultores en cuanto a la utilización de los nuevos recursos hídricos para riego.

Por este motivo, la Comisión Nacional de Riego en cumplimiento de su misión de aumentar y mejorar la superficie regada y drenada del país está desarrollando a través de su Departamento de Proyectos una serie de acciones de difusión de tecnologías de riego, especialmente en aquellas áreas donde el estado ha construido una gran obra de riego.

La presente cartilla tiene por objeto contestar dos preguntas fundamentales en la práctica del riego cuales son: ¿ En que momento aplicar el agua a la planta ? y ¿cuanta agua aplicar en cada riego ?

En este documento el profesional no especialista en riego podrá encontrar los criterios técnicos para programar el riego, obteniendo así los mayores beneficios de la agricultura de riego.

ERNESTO SCHULBACH BORQUEZ
Secretario Ejecutivo
Comisión Nacional de Riego

INDICE

	Páginas
1. Introducción	3
2. Programación del Riego.....	3
2.1. Frecuencia de Riego.....	4
2.1.1. Estimación de la Lámina Neta.....	4
2.1.2. Evapotranspiración Real.....	7
2.1.2.1. Factores que Afectan la Estimación de la Evapotranspiración Real.....	7
2.1.2.2. Estimación de la Evapotranspiración de Referencia, usando la Bandeja de Evaporación Clase A.....	10
2.1.2.3. Bandeja de Evaporación Clase A.....	11
3. Cálculo de la Programación del Riego.....	12
3.1. Programación en Sistema de Riego por Surco.....	12
3.2. Programación en Sistema de Riego por goteo.....	14
4. Control de la Programación del Riego.....	15
5. Bibliografía.....	17

PROGRAMACION DEL RIEGO EN SISTEMAS POR SURCO Y GOTEO

Samuel Ortega-Farias¹ y César Acevedo Opazo²

1. INTRODUCCION

Una de las interrogantes que debe enfrentar todo agricultor de riego, es determinar cual es el momento en que se debe aplicar el agua de riego a sus cultivos para evitar que se afecten los rendimientos debido a un aporte hídrico tardío. Por otra parte, también se enfrentan a la pregunta de cuanta agua aplicar en cada riego para lograr reponer el agua consumida desde el último riego. Estas interrogantes están relacionadas con los conceptos de frecuencia y tiempo de riego que son la base para establecer una programación del riego en función de la especie, del suelo y de las variables climáticas que inciden en la evapotranspiración de los cultivos.

En una agricultura moderna es imprescindible poder estimar con la mayor precisión estas necesidades de agua y poder aplicarla oportunamente para obtener de esta manera los mayores beneficios de una agricultura de riego.

2. PROGRAMACION DEL RIEGO

La programación del riego es una metodología que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar a los cultivos. Esta consiste en establecer la frecuencia (¿Cuándo regar?) y tiempo de riego (¿Cuánto regar?) de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas del predio. Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas.

Para programar el riego es esencial estimar tanto el agua que consumen los cultivos o su evapotranspiración y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo.

La programación del riego es entonces un procedimiento que permite establecer el momento oportuno del riego y cuanta agua aplicar a los cultivos.

¹ Ingr. Agrónomo, M.S., Ph.D. Director, Servicio Integrado de Agoclimatología y Riego (SIAR). Dpto. Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. Casilla 747-Talca, c.electrónico: sortega@pehuenche.otalca.cl

² Ingr. Agrónomo, Investigador Asociado, SIAR. c.electrónico: siar@pehuenche.otalca.cl

2.1 Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego permite estimar el número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos. Se puede estimar de la siguiente forma:

$$FR = \frac{Ln}{ET_{\text{real}}}$$

donde :

FR = frecuencia de riego (días)

Ln = lámina neta (mm)

ET_{real} = evapotranspiración real o de cultivo (mm/día).

En los métodos de riego gravitacionales el suelo se utiliza como un estanque que almacena el agua que se aplica en cada riego. La capacidad de este estanque determina cuántos días pueden transcurrir entre un riego y otro.

En riegos de alta frecuencia, como es el caso del método por goteo y microaspersión el suelo no necesariamente actúa como un reservorio de agua ya que ésta es aplicada frecuentemente para mantener un alto contenido de humedad en el suelo cercana a capacidad de campo. En consecuencia, en general, el riego por goteo tiene una frecuencia diaria.

2.1.1 Estimación de la Lámina Neta

La lámina neta corresponde a una altura de agua que es capaz de almacenar un suelo de cierta profundidad; así un suelo arcilloso tiene una mayor capacidad de estanque que un suelo arenoso. (Figura 1.) En forma cuantitativa la lámina neta o capacidad de estanque del suelo se puede estimar como:

$$Ln = Ce * Cr$$

$$Ce = \frac{(CC - PMP)}{100} * Da * Ps = \frac{HA * Ps}{100}$$

donde :

Ln = lámina neta (cm)

Ce = capacidad de estanque del suelo (cm)

Cr = criterio de riego (Fracción)

CC = contenido gravimétrico de agua en el suelo a capacidad de campo (%)

PMP= contenido gravimétrico de agua en el suelo a punto de marchitez permanente (%)

Da = densidad aparente del suelo (gr/cm³)

Ps = profundidad del suelo (cm)

HA = humedad volumétrica aprovechable (%)

La capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente son definidas como las propiedades fisico-hídricas del suelo. Estas propiedades se pueden obtener a través de análisis de laboratorio o tablas empíricas (Tabla 1). En general, las tablas entregan una información aproximada por lo que se recomienda realizar un análisis de laboratorio para estimar mejor la capacidad de estanque del suelo.

Tabla 1. Propiedades Físicas para Diferentes Texturas

Textura	Da (gr/cm ³)	CC (%)	PMP (%)
Arenoso	1,5-1,8 (1,65)	6-12 (9,0)	2-6 (4)
Franco-arenoso	1,4-1,6 (1,50)	10-18 (14,0)	4-8 (6)
Franco	1,0-1,5 (1,25)	18-21 (19,5)	8-12 (10)
Franco-arcilloso	1,1-1,4 (1,25)	23-31 (27)	11-15 (13)
Arcillo-arenoso	1,2-1,4 (1,30)	27-35 (31)	13-17 (15)
Arcilloso	1,1-1,4 (1,30)	31-39 (35)	15-19 (17)

Calcular la capacidad de estanque de un suelo franco que tiene una profundidad de 60 cm.

$$Ce = \frac{(CC - PMP)}{100} * Da * Ps = \frac{(19,5 - 10)}{100} * 1,25 * 60 = 7,12\text{cm} = 71,2 \text{ mm}$$

Este valor indica que este suelo puede almacenar en una profundidad de 60 cm. una altura de agua equivalente a 71,2 mm. Sin embargo no se puede decir que toda esta agua esta disponible para el cultivo. En general y dependiendo de la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico, se acepta que se consuma aproximadamente el 50% de la lámina neta para un sistema de riego gravitacional.

Tabla 2. Estimación de la Capacidad de Estanque de un Suelo Arenoso y otro Arcilloso

Datos	Suelo Arcilloso	Suelo Arenoso
CC (%)	35	9
PMP (%)	17	4
Da (gr/cm ³)	1,3	1,65
HA (%)	23,40	8,25
PS (cm)	40	40
Ce (cm)	9,36	3,30
Ce (m ³ /ha)	936	330

En la Tabla 2 se puede apreciar que un suelo arcilloso puede almacenar casi el triple de agua que un suelo arenoso si ambos tienen una misma profundidad. Esto también se puede observar en la figura 1.

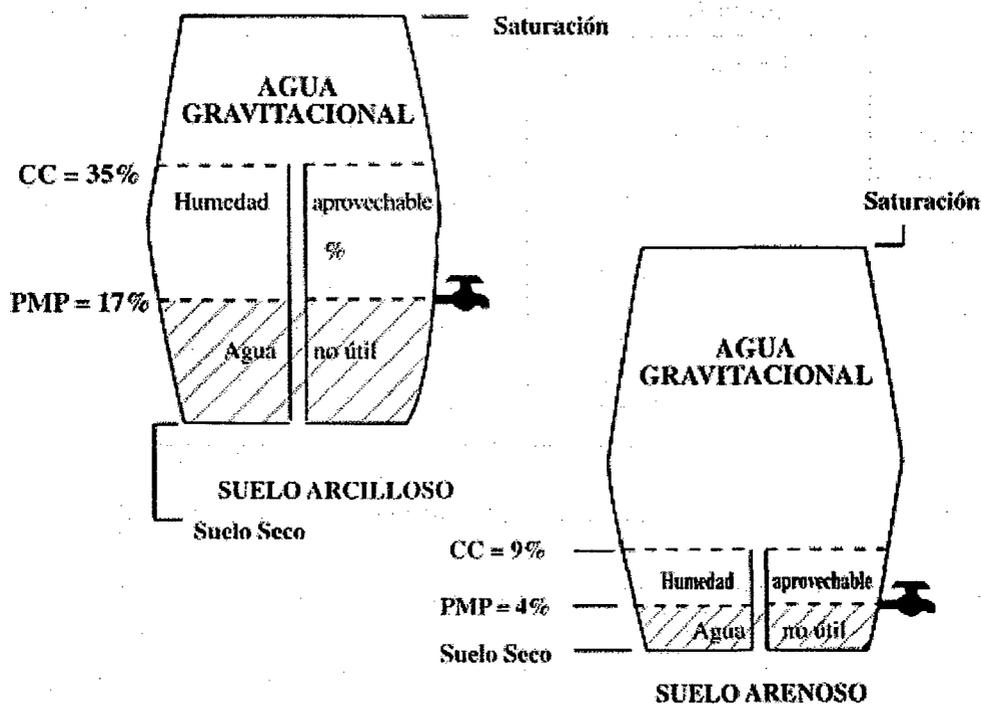


Figura 1. Capacidad de Estanque para dos Tipos de Suelo

Estas consideraciones nos llevan a pensar que la lámina de agua en suelos arenosos dura menos días que en suelos arcillosos y en consecuencia deberán regarse más frecuentemente.

2.1.2 Evapotranspiración Real

La evapotranspiración real (ET_{real}) determina la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos y se define como la suma de la transpiración realizada por la planta y la evaporación de agua producida desde el suelo. La ET_{real} depende de muchos factores, los cuales se asocian al clima, suelo, características de la planta y manejo agronómico. Al respecto la ET_{real} se puede expresar como:

$$ET_{real} = ETr * Kc$$

donde :

ET_{real} = evapotranspiración real (mm/días)

ETr . = evapotranspiración de referencia (mm/días)

Kc = coeficiente de cultivo (adimensional)

La ETr . "es la que ocurriría en un área extensa de pasto (festuca o alfalfa) de 8 a 15 cm de altura, uniforme, en activo crecimiento, que cubre totalmente el suelo y que no ha sido sometido a un déficit hídrico. Por otro lado, el Kc depende de las características del cultivo, del ritmo de desarrollo y ciclo de crecimiento del cultivo, de las condiciones climáticas y de la frecuencia de aportes hídricos.

2.1.2.1 Factores que Afectan la Estimación de la Evapotranspiración Real

a) Factores Climáticos

Los factores climáticos (radiación solar, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento) determinan la demanda de vapor de agua de la atmósfera y así condicionan los requerimientos hídricos de los cultivos. Por lo tanto en veranos muy calurosos y secos la demanda de la atmósfera por vapor de agua es muy alta aumentando considerablemente la ET_{real} , lo que determina una frecuencia de riegos más corta.

- **Radiación Solar:** La radiación solar es una medida de la energía proveniente del sol que llega a la superficie de la tierra. Para un determinado tiempo y lugar, la distribución de la radiación solar diaria puede variar considerablemente a partir del promedio, dependiendo de la nubosidad y estación del año. En general, la mayor radiación se obtiene en los meses de verano, cuando no hay nubosidad, y al mediodía, cuando los rayos solares llegan perpendicularmente a la superficie. En estas condiciones se observa una mayor ET_{real} .

- **Temperatura y Humedad Relativa:** La temperatura y la humedad relativa determinan el déficit de presión de vapor entre la atmósfera y el cultivo. Así, un aumento del déficit de presión de vapor aumenta el consumo de agua de las plantas, condicionando frecuencias de riego más cortas. Por ejemplo, un alto déficit de presión de vapor se observa en veranos calurosos (altas temperaturas) y secos (baja humedad relativa).

- **Viento:** El movimiento de aire sobre una superficie (hoja o suelo) determina una mayor evaporación al arrastrar el vapor de agua y evitar la acumulación de ésta en la zona inmediatamente adyacente. Por tal razón, en una misma zona climática podemos esperar que la evapotranspiración de los cultivos sea considerablemente mayor bajo condiciones de viento fuerte, en comparación a un día calmado.

b) Estado fenológico del Cultivo

Representado por el coeficiente de cultivo (K_c), el cual involucra la evolución del índice de área foliar en el tiempo o porcentaje de cubrimiento del suelo por el follaje del cultivo. El K_c depende del estado fenológico del cultivo, la localidad, la variedad y régimen de riego previo. En el Tabla 3 se presentan valores de K_c para diferentes cultivos y estados fenológicos.

En general los cultivos consumen mayor cantidad de agua cuando su desarrollo foliar es máximo y los menores consumos se producen a comienzos y hacia finales del período vegetativo cuando el área foliar es menor.

c) Profundidad radical.

La profundidad radical determina la cantidad de agua que puede extraer una planta desde todo el perfil. Como una generalización aproximada, se acostumbra asumir que los cultivos extraen el 40% del agua consumida desde el primer cuarto de raíces, el 30% del segundo cuarto, el 20% del tercer cuarto y el 10% del último cuarto.

Cuando el suelo es poco profundo, disminuye el volumen de suelo que puede ser explorado por las raíces y en consecuencia también disminuye este patrón de extracción de agua que debe considerarse en la programación del riego.

d) Manejo Agronómico

Un adecuado manejo agronómico que contemple prácticas de riego, fertilización, control de la salinidad, manejo fitosanitario, etc. va a ser fundamental para el buen desarrollo del cultivo. En general un cultivo creciendo en óptimas condiciones de manejo agronómico presenta una evapotranspiración máxima lo cual se traduce en óptima producción agrícola.

Tabla 3. Coeficientes de Cultivo Referencial (Kc).

	Inicial	Desarrollo Del Cultivo	Mediados Del Período	Finales Del Período	Cosecha	Período Vegetativo Total
Bananas						
Tropicales	0.4-0.5	0.7-0.8	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Subtropicales	0.5-0.6	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Frejol						
Verde	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Seco	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.25-0.3	0.7-0.8
Coliflor	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Algodón	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Vid	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Maní	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.8	0.55-0.6	0.75-0.8
Maíz						
Dulce	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Grano	0.3-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	0.8-0.95	0.55-0.6	0.75-0.9
Cebolla						
Seca	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Verde	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.1	0.95-1.05	0.65-0.8
Arveja, fresca	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Pimentero, fres.	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Papa	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.9	0.7-0.75	0.75-0.9
Arroz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.1	0.95-1.05	1.05-1.2
Cártamo	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgo	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soya	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Remolacha	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Caña de azúcar	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Girasol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabaco	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Sandía	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Trigo	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.8-0.9
Alfalfa	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Cítrico desmale Zado.						
Total						0.65-0.75
S/ctrol de mal						0.85-0.9
Olivo						0.4-0.6

Nota: Valores extraídos de requerimiento de los cultivos, Dorembos y Pruitt, 1976

2.1.2.2 Estimación de la Evapotranspiración de Referencia, Usando la Bandeja de Evaporación Clase A

En general la evapotranspiración de referencia ha sido cuantificada para una cubierta vegetal de pasto en óptimas condiciones de crecimiento. En estas condiciones el proceso de evapotranspiración depende sólo de la demanda atmosférica, desarrollándose así una gran cantidad de modelos donde destacan los métodos empíricos de Blaney – Criddle, Penman-Montieth, Radiación, Turk, Evaporación de bandeja, etc.

En Chile, el método de la Bandeja de evaporación es el más extensamente utilizado para estimar la ETr. Así, la estimación de la evapotranspiración de referencia en función de la evaporación de bandeja se basa en la siguiente relación:

$$E_{Tr} = EB * K_p$$

donde: ETr = evapotranspiración de referencia, (mm/días); EB = evaporación de bandeja, (mm/días); Kp = coeficiente de bandeja.

En general para condiciones de campo e invernadero puede considerarse valores de Kp entre 0,6 y 0,8. En climas áridos y ventosos es recomendable usar 0,6. Sin embargo la FAO recomienda corregir el Kp en función de la velocidad del viento y la humedad relativa (ver Tabla 4).

Tabla 4. Coeficiente de Bandeja de Evaporación en Función de la Humedad Relativa y Velocidad del Viento.

U (Km/día)	Humedad Relativa (%)														
	20			40			60			80			100		
	D (m)			D (m)			D (m)			D (m)			D (m)		
	1	50	100	1	50	100	1	10	100	1	10	50	1	10	50
50	0,56	0,62	0,67	0,64	0,70	0,75	0,71	0,77	0,82	0,77	0,82	0,87	0,82	0,87	0,91
100	0,55	0,60	0,65	0,63	0,69	0,74	0,70	0,75	0,80	0,76	0,81	0,86	0,80	0,85	0,90
200	0,52	0,58	0,63	0,61	0,66	0,71	0,67	0,73	0,78	0,73	0,78	0,83	0,77	0,82	0,86
300	0,50	0,56	0,61	0,58	0,64	0,69	0,65	0,70	0,75	0,70	0,75	0,80	0,74	0,79	0,83
400	0,48	0,53	0,58	0,56	0,61	0,66	0,62	0,67	0,72	0,67	0,72	0,77	0,70	0,75	0,80
500	0,45	0,51	0,56	0,53	0,59	0,64	0,59	0,65	0,70	0,64	0,69	0,74	0,67	0,72	0,77
600	0,43	0,48	0,53	0,51	0,56	0,61	0,57	0,62	0,67	0,61	0,66	0,71	0,64	0,69	0,74
700	0,40	0,46	0,51	0,48	0,53	0,59	0,54	0,59	0,64	0,68	0,63	0,68	0,61	0,66	0,70

D = distancia desde la bandeja de evaporación hasta el borde de la cubierta vegetal de césped. (metros)

U = Velocidad del viento (Km/día)

Calcular la evapotranspiración de referencia utilizando los siguientes datos:

EB = 10 mm/día

HR = 40 %

d = 50 m

U = 200 km/día

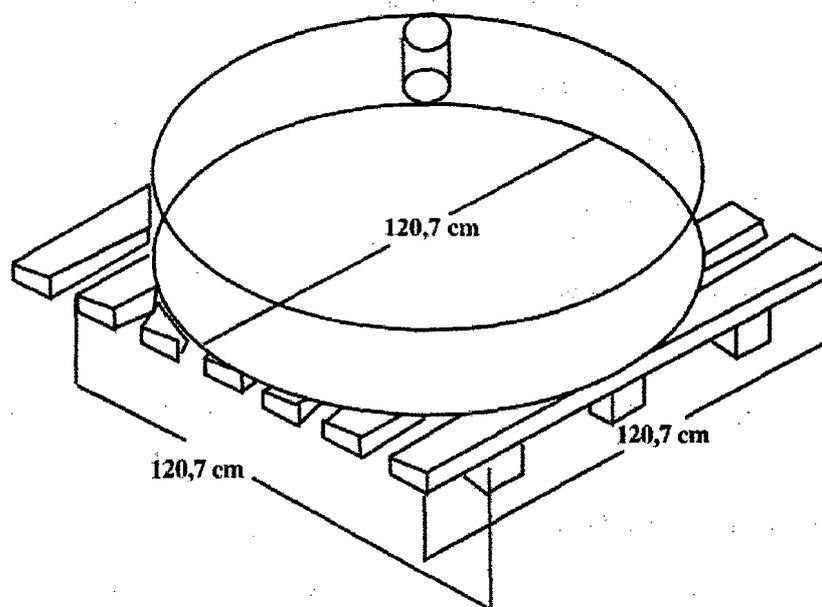
a) Cálculo del Kp: Buscando la intersección entre HR, D y U (en la Tabla 4) el coeficiente Kp es 0,66

b) Cálculo de la ETr.

ETr. = EB * Kp = 10 * 0,66 = 6,6 mm/día

2.1.2.3 Bandeja de Evaporación Clase A

La bandeja de evaporación es un recipiente cilíndrico de lata galvanizada de 0,8 mm con un diámetro de 120,65 cm y una altura de 25,4 cm. La estructura se coloca sobre apoyos de madera que a su vez descansan sobre el terreno. El fondo del tanque debe quedar 15 cm por encima del nivel original del suelo, aunque el espacio que queda por debajo de los apoyos debe rellenarse con tierra, de manera que quede un espacio libre de sólo 5 cm. bajo el fondo del tanque. El recipiente se llena de agua limpia y se rellena cada cierto tiempo, procurando siempre que el nivel del agua se mantenga a una distancia del borde que oscile entre 5 y 7,5 cm.



3. CALCULO DE LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

3.1 Programación en Sistema de Riego por Surco

a) Estimación de la Frecuencia de Riego

Estimar la frecuencia de riego de un viñedo, utilizando los siguientes datos:

a) Suelo	b) Clima	c) Cultivo
$D_a = 1,25 \text{ gr/cm}^3$	$EB = 10,5 \text{ mm/día}$	$K_c = 0,80$
$CC = 27 \%$	$HR = 60 \%$	
$PMP = 13 \%$	$D = 1 \text{ m}$	
Profundidad de suelo = 60 cm	$U = 200 \text{ km/hora}$	
Criterio de riego = 60 %		

- Cálculo de la Lámina Neta

$$C_e = \frac{(CC - PMP)}{100} * D_a * P_s = \frac{(27-13)}{100} * 1,25 * 60 = 10,50 \text{ cm}$$

$$L_n = C_e * C_r = 10,50 * 0,60 = 6,3 \text{ cm} = 63 \text{ mm}$$

Nota: las propiedades fisico-hídricas se pueden obtener de la Tabla 1 como una primera aproximación. Para obtener resultados más precisos es fundamental realizar un análisis de laboratorio.

- Cálculo Evapotranspiración de Referencia

$$K_p = 0,67 \text{ (obtenido de la Tabla 4)}$$

$$E_{Tr} = EB * K_p = 10,5 * 0,67 = 7,08 \text{ mm/día}$$

- Cálculo de la Evapotranspiración real

$$E_{T_{real}} = K_c * E_{Tr} = 0,80 * 7,08 = 5,66 \text{ mm/día}$$

Nota : los valores de K_c para cada cultivo con su respectivo estado fenológico se puede extraer de la Tabla 3.

- Cálculo de la Frecuencia de Riego

$$FR = \frac{L_n}{ET_{\text{real}}} = \frac{63}{5,66} = 11,12 \text{ días}$$

De acuerdo a lo anterior el viñedo debe ser regado cada 11 días.

b) Tiempo de Riego

El tiempo de riego se estima a través de pruebas de infiltrometría, las cuales se realizan en terreno. Para esto es necesario realizar mediciones en un surco infiltrómetro.

El surco infiltrómetro consiste en determinar el caudal infiltrado en un surco de prueba dividido por el área de infiltración del agua. Con los datos obtenidos en el terreno se puede obtener la ecuación general que representa la infiltración del agua en el suelo que tiene la siguiente forma

$$V_i = K T^{-n}$$

donde:

V_i = velocidad de infiltración (cm/min)

K = constante que representa la velocidad de infiltración al primer minuto

T = tiempo (minutos)

n = pendiente de la curva de velocidad versus tiempo

Conociendo esta ecuación podemos obtener por integración la Infiltración acumulada en función del tiempo de la siguiente manera

$$L_n = C T^b$$

donde:

L_n = infiltración acumulada o lámina neta (cm)

C = constante que representa la infiltración en el primer minuto

T_r = tiempo de riego, (minutos)

b = representa la pendiente de la curva de infiltración acumulada

Obtenida esta ecuación es posible despejar el tiempo necesario para que se infiltre en el suelo la lámina de riego.

Ejemplo :

Si un suelo tiene $C = 0,119$ y $b = 0,7$, calcular el tiempo de riego necesario para infiltrar en el suelo una lámina de 6,3 cm.

Despejando el tiempo de la ecuación de infiltración acumulada se obtiene

$$Tr = (Ln/C)^{1/b} = (6,3/0,119)^{1/0,7}$$

Reemplazando se tiene que el tiempo de infiltración es de 290 minutos (4,8 hrs)

Debido a que al tiempo de riego para riego por surcos se le debe agregar el tiempo que demora el agua en llegar al final del surco, el tiempo de riego se debe multiplicar por 1.25

Entonces, el tiempo de riego sería 362,5 minutos (aproximadamente 6 hrs)

3.2 Programación en Sistema de Riego por Goteo

a) Estimación de la Frecuencia de Riego

Para optimizar el manejo del sistema de riego por goteo es preferible regar todos los días con el objeto de mantener un alto contenido de humedad en el suelo y así el cultivo no sufra déficit hídrico que afecte su productividad y calidad.

b) Tiempo de Riego

El tiempo de riego en un sistema de riego por goteo se calcula de la siguiente forma:

$$N.R.D = ET_{real} * P_{sombra} * AU$$

$$TR = \frac{N.R.D}{Ne * E_a * q}$$

Donde :

N.R.D = necesidades netas de riego diario (l/planta/día);

ET_{real} = evapotranspiración real (mm/día);

P_{sombra} = porcentaje de sombreado en relación al área unitaria (%);

AU = área asignada al cultivo o marco de plantación (m^2);

TR = tiempo de riego (hr);

Ne = número de emisores por planta;
E_a = eficiencia de aplicación (%);
q = caudal del emisor (l/hr).

Usando la fórmula anterior, calcular el tiempo de riego de un viñedo regado por goteo, cuya área unitaria es de 2 m².

$$ET_{\text{real}} = 5,8 \text{ mm/día}$$

$$AU = 2 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{sombra}} = 50 \%$$

$$Ne = 1$$

$$E_a = 90\%$$

$$q = 4 \text{ l/hora}$$

- Cálculo de N.R.D

$$N.R.D = ET_{\text{real}} * P_{\text{sombra}} * AU = 5,8 * 0,50 * 2 = 5,8 \text{ l/planta/día}$$

- Calcular TR

$$TR = \frac{N.R.D}{Ne * E_a * q} = \frac{5,8}{1 * 0,9 * 4} = 1,61 \text{ hr}$$

4. CONTROL DE LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

La programación del riego realizada en base a parámetros climáticos es una buena aproximación para determinar las necesidades de agua de los cultivos y el momento de su aplicación. Sin embargo para comprobarlo y asegurarse que el riego en el campo es oportuno y efectivo, es posible monitorear la humedad del suelo explorado por las raíces del cultivo. Lo anterior requiere de instrumentos sencillos para su evaluación

Para el caso de cultivos regados por métodos tradicionales como surcos y tendido es conveniente comprobar si el riego humedeció la zona radical. Para ello se muestrea el suelo con barreno hasta la profundidad máxima de raíces y se hace una apreciación visual del grado de mojamiento del suelo. Si el riego no humedeció la zona de raíces significa que se debe aumentar el tiempo de riego. Si el riego mojó hasta una mayor profundidad significa que deberá disminuirse el tiempo de riego

Para comprobar el momento de aplicación se puede utilizar el tensiómetro que es un instrumento que mide la fuerza con que el agua es retenida por el suelo. Este instrumento está graduado entre 0 y 100 centibares. Cuando el instrumento

marca 0 centibares, significa que el suelo está recién regado y que éste permanece aún saturado. Valores entre 10 y 30 centibares

indican que el suelo esta a capacidad de campo y no requiere de riego todavía. Valores mayores indicarán que el agua está retenida en el suelo más tenazmente y que dependiendo del tipo de cultivo habrá que regar o no.

A continuación se presenta una tabla de lecturas de tensiómetro recomendadas antes del riego para sistemas gravitacionales en distintas especies :

Tabla 5. Valores de la Tensión del Agua Recomendados antes del Riego para Distintos Tipos de Cultivos.

Especie	Lectura del tensiómetro antes del riego (centibares)
Frutales hoja caduca	50-80
Frutales hoja persistente	40-50
Hortalizas de hoja	40-50
Frutilla	20-30

En el caso del riego por goteo donde la aplicación del agua es en general diaria, el tensiómetro sirve para corroborar en forma cualitativa si la programación del riego realizada con la bandeja de evaporación es correcta. En este caso el tensiómetro debe marcar valores cercanos a capacidad de campo antes de aplicar el riego, es decir, entre 15 a 30 centibares. La instalación del tensiómetro debe ser en la zona del bulbo húmedo, cercano a la tubería portagoteros.

5. BIBLIOGRAFIA

- De Juan Valero, J.A. y Martín de Santa Olalla, F. 1992b. "El Cálculo y la Estimación de la Evapotranspiración". *Agronomía de Riego* editado por Martín de Santa Olalla, F. y De Juan Valero, J.A. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología, Universidad de Castilla-La Mancha. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 732 p
- Doorenbos, J., y Pruitt, W.O. 1976. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección de Riego y Drenaje, Paper 24, F.A.O., Roma. 190 p.
- Millar, A. 1993. Manejo de Agua y Producción Agrícola. IICA y Universidad de Concepción. 556.
- Ortega-Farías, S. 1998. Demanda Hídrica y Programación del riego. Recurso Hídricos "Una visión moderna y sustentable", editado por Varas, E. INIA-Quilamapu: 10-22.
- Pizarro, F. 1996. Riego Localizado de Alta Frecuencia. Mundi-Prensa, España. 513p.

PUBLICACIONES DE RIEGO Y DRENAJE

- **Manual de Obras Menores de Riego 1996**
- **Elemento de Riego Tecnificado**
- **Conceptos Sobre Diseño y Manejo de Riego Presurizado**
- **Experiencias en Captación y Utilización de Agua en el Secano de la VII Región, Provincia de Cauquenes**
- **Riego en Viñas**
- **Agronomía en Suelos con Obras de Drenaje**
- **Técnicas de Drenaje para el Sur de Chile**
- **Diagnóstico y Consecuencias del Mal Drenaje en el Sur de Chile**
- **Normas Técnicas para la Construcción de Obras de Drenaje Superficial**
- **Aprovechando las Ventajas de la Ley de Riego: Texto Integral y Reglamentos**
- **Aprovechando las Ventajas de la Ley de Riego: Beneficios de la Ley 18.450**
- **Aprovechando las Ventajas de la Ley de Riego: Antecedentes de Postulación**
- **Aprovechando las Ventajas de la Ley de Riego: Fiscalización de Obras**
- **Técnicas y Materiales de Construcción**
- **Sistemas de Impulsión**
- **Necesidades de Agua de los Cultivos**
- **Evaluación de Fuentes de Agua**

COMISION NACIONAL DE RIEGO Teatinos 50, pisos 4 y 5 Santiago Teléfono: 2-6728679 Fax: 2-6716939 Correo electrónico: cnr@entelchile.net	UNIVERSIDAD DE TALCA Facultad de Ciencias Agrarias Departamento de Producción Agrícola Servicio Integrado de Agroclimatología y Riego (SIAR) Casilla 747-Talca Teléfono: 71-200214 Fax: 71-200212 Correo electrónico: sortega@pehuenche.otalca.cl
--	--

EVAPORACIÓN DE BANDEJA CORINTO TEMPORADA 1998-99

Fecha		Evaporación	Evaporación
		Lts.	mm.
Miercoles	7 /10	1	0,87
Jueves	8 /10	9	7,87
Viernes	9 /10	3,04	2,66
Sábado	10 /10	2,05	1,79
Domingo	11 /10	4,06	3,55
Lunes	12 /10	4,31	3,77
Martes	13 /10	9,01	7,88
Miercoles	14 /10	4,44	3,88
Jueves	15 /10	5,71	4,99
Viernes	16 /10	6,31	5,52
Sábado	17 /10	6,1	5,34
Domingo	18 /10	6,01	5,26
Lunes	19 /10	5,03	4,40
Martes	20 /10	5,25	4,59
Miercoles	21 /10	6,81	5,96
Jueves	22 /10	4,69	4,10
Viernes	23 /10	1,01	0,88
Sábado	24 /10	2,34	2,05
Domingo	25 /10	3,47	3,03
Lunes	26 /10	4,53	3,96
Martes	27 /10	6,45	5,64
Miercoles	28 /10	6,45	5,64
Jueves	29 /10	6,39	5,59
Viernes	30 /10	6,22	5,44
Sábado	31 /10	3,21	2,81
Domingo	1 /11	6,01	5,26
Lunes	2 /11	5,06	4,43
Martes	3 /11	6,51	5,69
Miercoles	4 /11	7,01	6,13
Jueves	5 /11	6,29	5,50
Viernes	6 /11	6,01	5,26
Sábado	7 /11	4,21	3,68
Domingo	8 /11	5,72	5,00
Lunes	9 /11	6,21	5,43
Martes	10 /11	4,14	3,62
Miercoles	11 /11	6,64	5,81
Jueves	12 /11	6,06	5,30
Viernes	13 /11	6,81	5,96
Sábado	14 /11	7,01	6,13
Domingo	15 /11	6,52	5,70
Lunes	16 /11	7,01	6,13
Martes	17 /11	7,01	6,13
Miercoles	18 /11	8,01	7,01
Jueves	19 /11	6,61	5,78
Viernes	20 /11	4,64	4,06
Sábado	21 /11	6,44	5,63
Domingo	22 /11	7,04	6,16

Fecha		Evaporación	Evaporación
Noviembre		Lts.	mm.
Lunes	23 /11	7,06	6,17
Martes	24 /11	8,01	7,01
Miercoles	25 /11	8,03	7,02
Jueves	26 /11	6,39	5,59
Viernes	27 /11	6,01	5,26
Sábado	28 /11	4,04	3,53
Domingo	29 /11	6,3	5,51
Lunes	30 /11	6,01	5,26
Martes	1 /12	7,82	6,84
Miercoles	2 /12	8,6	7,52
Jueves	3 /12	3,06	2,68
Viernes	4 /12	6,54	5,72
Sábado	5 /12	7,57	6,62
Domingo	6 /12	7,89	6,90
Lunes	7 /12	7,65	6,69
Martes	8 /12	8,35	7,30
Miercoles	9 /12	8,45	7,39
Jueves	10 /12	8,35	7,30
Viernes	11 /12	6,46	5,65
Sábado	12 /12	2,01	1,76
Domingo	13 /12	6,22	5,44
Lunes	14 /12	6,27	5,48
Martes	15 /12	8,37	7,32
Miercoles	16 /12	6,33	5,54
Jueves	17 /12	7,01	6,13
Viernes	18 /12	9,43	8,25
Sábado	19 /12	9,01	7,88
Domingo	20 /12	7,27	6,36
Lunes	21 /12	9,52	8,33
Martes	22 /12	9,35	8,18
Miercoles	23 /12	9,62	8,41
Jueves	24 /12	8,45	7,39
Viernes	25 /12	9,39	8,21
Sábado	26 /12	9,47	8,28
Domingo	27 /12	9,36	8,19
Lunes	28 /12	7,04	6,16
Martes	29 /12	9,91	8,67
Miercoles	30 /12	9,81	8,58
Jueves	31 /12	9,72	8,50
Viernes	1 /01	9,74	8,52
Sábado	2 /01	9,33	8,16
Domingo	3 /01	9,84	8,61
Lunes	4 /01	10,07	8,81
Martes	5 /01	8,49	7,43
Miercoles	6 /01	9,92	8,68
Jueves	7 /01	8,45	7,39
Viernes	8 /01	6,81	5,96
Sábado	9 /01	9,59	8,39
Domingo	10 /01	9,01	7,88

Fecha		Evaporación	Evaporación
Noviembre		Lts.	mm.
Lunes	11 /01	8,03	7,02
Martes	12 /01	5,01	4,38
Miercoles	13 /01	7,55	6,60
Jueves	14 /01	7,64	6,68
Viernes	15 /01	8,01	7,01
Sábado	16 /01	7,04	6,16
Domingo	17 /01	7,19	6,29
Lunes	18 /01	8,01	7,01
Martes	19 /01	8,24	7,21
Miercoles	20 /01	7,03	6,15
Jueves	21 /01	7,01	6,13
Viernes	22 /01	6,45	5,64
Sábado	23 /01	8,34	7,29
Domingo	24 /01	7,41	6,48
Lunes	25 /01	8,34	7,29
Martes	26 /01	8,56	7,49
Miercoles	27 /01	7,54	6,59
Jueves	28 /01	7,39	6,46
Viernes	29 /01	9,71	8,49
Sábado	30 /01	7,69	6,73
Domingo	31 /01	7,06	6,17
Lunes	1 /02	9,24	8,08
Martes	2 /02	7,01	6,13
Miercoles	3 /02	6,83	5,97
Jueves	4 /02	7,21	6,31
Viernes	5 /02	7,16	6,26
Sábado	6 /02	8,17	7,15
Domingo	7 /02	8,96	7,84
Lunes	8 /02	9,23	8,07
Martes	9 /02	8,13	7,11
Miercoles	10 /02	7,28	6,37
Jueves	11 /02	6,99	6,11
Viernes	12 /02	7,01	6,13
Sábado	13 /02	5,88	5,14
Domingo	14 /02	6,2	5,42
Lunes	15 /02	8,24	7,21
Martes	16 /02	6,51	5,69
Miercoles	17 /02	8,36	7,31
Jueves	18 /02	7,37	6,45
Viernes	19 /02	8,35	7,30
Sábado	20 /02	7,66	6,70
Domingo	21 /02	7,34	6,42
Lunes	22 /02	7,22	6,31
Martes	23 /02	7,01	6,13
Miercoles	24 /02	6,93	6,06
Jueves	25 /02	7,52	6,58
Viernes	26 /02	8,08	7,07
Sábado	27 /02	7,31	6,39
Domingo	28 /02	7,81	6,83

Fecha		Evaporación	Evaporación
Noviembre		Lts.	mm.
Lunes	1 /03	1,01	0,88
Martes	2 /03	2,56	2,24
Miercoles	3 /03	4,26	3,73
Jueves	4 /03	6,79	5,94
Viernes	5 /03	6,9	6,03
Sábado	6 /03	8,01	7,01
Domingo	7 /03	-6,8	-5,95
Lunes	8 /03	0,9	0,79
Martes	9 /03	5,79	5,06
Miercoles	10 /03	3,46	3,03
Jueves	11 /03	3,01	2,63
Viernes	12 /03	5,76	5,04
Sábado	13 /03	5,99	5,24
Domingo	14 /03	3,01	2,63
Lunes	15 /03	5,01	4,38
Martes	16 /03	5,9	5,16
Miercoles	17 /03	4,36	3,81
Jueves	18 /03	5,34	4,67
Viernes	19 /03	5,46	4,78
Sábado	20 /03	4,19	3,66
Domingo	21 /03	4,91	4,29
Lunes	22 /03	3,43	3,00
Martes	23 /03	4,45	3,89
Miercoles	24 /03	4,01	3,51
Jueves	25 /03	5,27	4,61
Viernes	26 /03	5,28	4,62
Sábado	27 /03	4,27	3,73
Domingo	28 /03	4,26	3,73
Lunes	29 /03	5,24	4,58
Martes	30 /03	4,01	3,51
Miercoles	31 /03	3,29	2,88