

SERIE CARILLANCA Nº 39 / TEMUCO - CHILE

MANUAL DE RIEGO PARA EL SUR DE CHILE

ISSN - 0716 - 7619



Dibujos:

Sergio Hernández

Diseño Portada:

NG & Asociados

Diagramación e Impresión:

Telstar Impresores - Ramberga 950

P. Las Casas - Temuco

INIA, Estación Experimental Carillanca,

Casilla 58 - D, Temuco

Permitida su reproducción total o parcial,
con la obligación de citar la fuente y el autor.

1ª Edición:

1.200 ejemplares

Agosto, 1994

EDITOR:

Jorge Jerez Briones, Ingeniero Agrónomo

AUTORES:

Jorge Jerez B., Ingeniero Agrónomo

Jorge Sandoval H., Ingeniero Agrónomo

José M. Peralta A., Ingeniero Agrónomo

Iván Gallardo A., Ingeniero Agrónomo, M.S.

Raúl Ferreyra E., Ingeniero Agrónomo, M.S.

Edmundo Varas B., Ingeniero Agrónomo

CONSULTORES TECNICOS:

Selvin Ferrada N., Ingeniero Agrónomo

Marcos A. Soto A., Ingeniero Agrónomo

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores que participaron en el proyecto "Investigación y Aplicación del Riego Artificial en Cultivos, Regiones IX y X", desean expresar sus sinceros agradecimientos a los señores Técnicos Agrícolas Mauricio Gajardo M. y Fernando Cañas Sch. y a los operarios Fredy Valenzuela R. y Luis Valdebenito A. por su valiosa cooperación en el desarrollo de las investigaciones.

A las secretarias Sandra Suazo B., Marta Díaz R. y Susana Vergara R., por su profesional y eficiente trabajo, y a los colegas de la Estación Experimental Carillanca, que con sus sugerencias y observaciones enriquecieron la investigación, entre quienes deseamos destacar la participación de la Ingeniero Agrónomo Andrea Torres P. y la Estadístico María G. Márquez B..

El editor de este documento desea expresar su agradecimiento a las investigadoras de Carillanca, Sras. Leticia Barrientos D. y Elizabeth Kehr M. por la valiosa cooperación prestada en la revisión de este documento, y a las secretarias Susana Vergara R. y Marta Díaz R..

INDICE

PROLOGO	17
INTRODUCCION	19
CAPITULO I RECURSOS BASICOS DE CLIMA Y SUELO	21
1.1 Clima	22
1.1.1 AREAS AGROCLIMATICAS DE LA IX REGION	22
1.1.1.1 Agroclima Angol	24
1.1.1.2 Agroclima Carillanca	24
1.1.1.3 Agroclima Loncoche	24
1.1.1.4 Agroclima Vlicún	25
1.1.2 RELACION EVAPORACION-EVAPOTRANSPIRACION Y PRECIPITACION	26
1.2 Suelo	27
1.2.1 FORMAS DEL AGUA EN EL SUELO	29
1.2.1.1 Agua gravitacional o agua libre	30
1.2.1.2 Agua capilar	30
1.2.1.3 Agua higroscópica	30
1.2.1.4 Agua de constitución	30
1.2.2 CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO	31
1.2.2.1 Capacidad de campo	31
1.2.2.2 Punto de marchitez permanente	32
1.2.3 HUMEDAD APROVECHABLE	32

1.2.4	SUELOS REGIONALES Y SUS CARACTERISTICAS	34
1.2.4.1	Series de suelo en Agroclima Angol	36
1.2.4.2	Series de suelo en Agroclima Carllanca	36
1.2.4.3	Series de suelo en Agroclimas Loncoche y Vilcán	38
CAPITULO II	EFFECTO DEL RIEGO EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS	41
CAPITULO III	METODOS DE RIEGO	45
3.1	Clasificación métodos de riego	45
3.1.1	METODOS DE RIEGO GRAVITACIONALES	45
3.1.2	METODOS DE RIEGO PRESURIZADOS	45
3.2	Criterios de selección de métodos de riego	47
3.2.1	FACTORES RELACIONADOS CON EL CULTIVO	47
3.2.1.1	Densidad de siembra o plantación	47
3.2.1.2	Susceptibilidad a enfermedades	47
3.2.2	FACTORES RELACIONADOS CON EL SUELO	47
3.2.2.1	Pendiente	47
3.2.2.2	Velocidad de Infiltración	48
3.2.3	DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	48
3.2.4	ASPECTOS RELACIONADOS CON EL PERSONAL	48
3.2.5	DISPONIBILIDAD DE ENERGIA	49
3.2.6	ASPECTOS ECONOMICOS	49
3.3	Características y manejo de métodos de riego	49
3.3.1	RIEGO TENDIDO MEJORADO	49
3.3.1.1	Tiempos de riego	50
3.3.1.2	Caudal no erosivo	50

3.3.1.3 Manta de riego	50
3.3.1.4 Cajas de derivación	50
3.3.1.5 Regueras en contorno	52
3.3.2 RIEGO POR SURCOS	52
3.3.2.1 Diseño de riego por surcos	53
3.3.2.2 Variación de los sistemas de riego por surcos	56
3.3.2.3 Abastecimiento de agua a los surcos	58
3.3.3 RIEGO POR ASPERSION	60
3.3.3.1 Componentes del sistema	60
3.3.3.2 Diseño del sistema	62
3.3.3.3 Manejo del sistema	62
3.3.4 SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO	62
CAPITULO IV ANALISIS DE RENTABILIDAD DEL RIEGO	65
4.1 Inversión y costos de métodos de riego	65
4.1.1 INVERSION	66
4.1.2 COSTOS	66
4.1.2.1 Costos fijos	66
4.1.2.2 Costos variables	67
4.2 Análisis de rentabilidad	69
4.2.1 CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS	69
4.2.1.1 Valor actual de beneficios netos (VAN)	69
4.2.1.2 Tasa Interna de retorno (TIR)	69
4.3 Niveles de inversión máxima en riego	70

CAPITULO V	MANEJO DEL RIEGO	75
5.1	Estimación de los requerimientos de riego	75
5.1.1	USO DEL METODO DE LA BANDEJA DE EVAPORACION CLASE A	75
5.1.2	CONSUMO DE AGUA DE LOS CULTIVOS	77
5.1.3	REQUERIMIENTOS DE RIEGO DE LOS CULTIVOS EN LA IX REGION	77
5.2	Manejo del riego en algunos cultivos de la IX Región	83
5.2.1	ARANDANO	83
5.2.2	ESPARRAGO	86
5.2.3	FRAMBUESO	87
5.2.4	PRADERA	89
5.2.5	REMOLACHA	90
5.3	Pautas de riego	91

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Precipitación y evaporación de bandeja.promedio mensual de diferentes agroclimas de la IX Región (mm). _____	25
Cuadro 2.	Características físico-hídricas de las principales series de suelo del agroclima Angol. _____	37
Cuadro 3.	Características físico-hídricas de las principales series de suelo del agroclima Carillanca. _____	38
Cuadro 4.	Características físico-hídricas de las principales series de suelo de los agroclimas Loncoche y Vilcún. _____	39
Cuadro 5.	Incremento del rendimiento por efecto del riego en cultivos de la IX Región. _____	43
Cuadro 6.	Clasificación de los métodos de riego según la fuente de energía empleada. _____	46
Cuadro 7.	Adaptación de algunos métodos de riego en relación al cultivo, topografía y características de suelo. _____	46
Cuadro 8.	Espaciamento recomendado para regueras en contorno, de acuerdo a la pendiente del terreno. _____	52
Cuadro 9.	Longitud (m) y caudal máximos en surcos de riego, según pendiente y textura de suelo. _____	56
Cuadro 10.	Vida útil (años) de diferentes elementos de riego. _____	67
Cuadro 11.	Inversión y costos de métodos de riego utilizados en el sur de Chile. _____	68
Cuadro 12.	Evaluación de la rentabilidad de métodos de riego de la IX Región. _____	71
Cuadro 13.	Inversión máxima rentable en métodos de riego en la IX Región (US\$/ha). _____	72

Cuadro 14.	Coefficiente de cultivo (Kc) para los principales cultivos regados de la zona sur. _____	76
Cuadro 15.	Evapotranspiración de los cultivos de la IX Región (m ³ /ha). _____	78
Cuadro 16.	Precipitación efectiva (mm) en áreas agroclimáticas de la IX Región. _____	79
Cuadro 17.	Necesidades netas de riego de los cultivos regados de la IX Región (m ³ /ha). _____	80
Cuadro 18.	Eficiencia de los métodos de riego. _____	80
Cuadro 19.	Caudal continuo en el mes de máxima demanda (lt/seg/ha) de los cultivos regados de la IX Región. _____	82
Cuadro 20.	Patrón de extracción de humedad en los tres primeros años de arándano. _____	84
Cuadro 21.	Patrón de extracción de humedad en los cultivos regados de la IX Región. _____	88



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Influencia del clima, planta y características del suelo en la frecuencia de riego. _____	21
Figura 2.	Áreas agroclimáticas de la IX Región. _____	23
Figura 3.	Balace hídrico de un volumen de suelo. _____	26
Figura 4.	Bandeja de evaporación. _____	28
Figura 5.	Contenido de humedad a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). _____	32
Figura 6.	Concepto de humedad aprovechable por las plantas. _____	33
Figura 7.	Agua utilizable en los suelos cultivados, según su contenido de elementos coloidales. _____	34
Figura 8.	Ubicación geográfica de las series de suelo de la IX Región. _____	35
Figura 9.	Efecto del agua en los rendimientos (funciones de producción). _____	42
Figura 10.	Esquema de riego tendido _____	49
Figura 11.	Esquema de una manta de riego. _____	51
Figura 12.	Esquema de cajas de derivación. _____	51
Figura 13.	Humedecimiento del terreno en riego por surcos. _____	52
Figura 14.	Formas y dimensiones de surcos de riego. _____	53
Figura 15.	Perfil de humedecimiento de dos suelos regados por surcos. _____	54
Figura 16.	Hileras pareadas en remolacha. _____	54
Figura 17.	Esquema de riego por surcos en zig-zag. _____	58
Figura 18.	Abastecimiento directo de agua a los surcos. _____	58

Figura 19.	Entrega de agua con sifones. _____	59
Figura 20.	Regulación de caudales con sifones. _____	59
Figura 21.	Esquema de las partes de equipos de aspersión. _____	60
Figura 22.	Descripción de los componentes de la presión requerida por el equipo de bombeo. _____	61
Figura 23.	Descripción de sistema de riego localizado. _____	63
Figura 24.	Efecto de la fertilización nitrogenada en el desarrollo del arándano. _____	85
Figura 25.	Efecto del agua aplicada sobre la muerte de plantas de espárrago. Carillanca, temporada 1990/91. _____	86
Figura 26.	Rendimiento de pradera trébol blanco ballca. Carillanca, temporada 1990/91. _____	89
Figura 27.	Producción de raíces limpias de remolacha. Carillanca, temporada 1990/91. _____	90



ANEXOS

ANEXO 1	PRECIPITACION Y EVAPORACION DE BANDEJA EN LOCALIDADES DE LA IX REGION. _____	97
ANEXO 2	CARACTERISTICAS FISICO HIDRICAS DE LOS SUELOS REGADOS DE LA IX REGION. _____	101
ANEXO 3	FUNCIONES DE PRODUCCION. _____	107
ANEXO 4	INVERSIONES Y COSTOS DE METODOS DE RIEGO. _____	113
ANEXO 5	ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE LA INCORPORACION DE RIEGO. _____	123
ANEXO 6	PAUTAS DE RIEGO DE LOS CULTIVOS DE LA IX REGION. _____	131

PROLOGO

La presente publicación, denominada *Manual de Riego para el Sur de Chile*, forma parte del estudio "Investigación y Aplicación de Riego Artificial en cultivos, Regiones IX y X", efectuado por convenio entre la Corporación de Fomento de la Producción y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en el período 1988-1993.

La convicción de ambas instituciones de que una de las principales tareas en el desarrollo de la agricultura, es la intensificación del uso de la tierra, de manera de incrementar su productividad, las llevó a investigar primero, en la década de los ochenta, la adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona sur, de especies y variedades tanto frutales arbustivas y arbóreas, como de especies hortícolas permanentes, para disponer de nuevas alternativas de diversificación de la producción agrícola regional e impulsar sus exportaciones.

Los exitosos resultados obtenidos, al comprobarse la factibilidad de producir estas nuevas alternativas productivas, en las condiciones de la zona sur, orientaron el esfuerzo de investigación a buscar medios de eliminar las restricciones observadas en su desarrollo, en especial las provenientes del déficit hídrico existente en los meses estivales.

Efectivamente, la irregular distribución de las lluvias, hace imprescindible la aplicación del riego en los meses de primavera-verano, para alcanzar el mayor potencial productivo. Sin embargo, el efecto de esta práctica sobre el rendimiento no había sido medido en forma objetiva, metódica y concluyente, y por lo tanto la relación beneficio-costado de introducirla en esta zona tampoco había sido establecida.

De ahí que los objetivos del estudio convenido entre CORFO e INIA, fueran :

- a. Determinar el efecto del riego sobre el rendimiento y la calidad de la producción, tanto en cultivos tradicionales como en los recientemente introducidos, por lo cual se analizó: trigo, remolacha, pradera artificial, espárrago, frambueso y arándano.
- b. Estimar la rentabilidad de regar en la zona.
- c. Divulgar sus resultados.

La investigación fue desarrollada en la Estación Experimental Carillanca del INIA, por los Ingenieros Agrónomos Jorge Sandoval H., Jorge Jerez B. y Edmundo Varas B..

La coordinación general del estudio estuvo a cargo del Jefe de Proyecto designado por INIA Sr. Raúl Ferreyra E.

La dirección, coordinación y supervisión del estudio por parte de CORFO, estuvo a cargo del Ingeniero Agrónomo Sr. Javier Herreros V.

INTRODUCCION

La apertura de nuestras fronteras, los menores márgenes de utilidad en la producción agropecuaria, y la competencia comercial con otras naciones, han creado en la agricultura nacional la necesidad de intensificar y diversificar la producción, y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos.

La experiencia de los agricultores en el sur de Chile, ha demostrado que el riego es una herramienta fundamental para aumentar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, al no existir una cuantificación del efecto del riego sobre la producción de los cultivos, la inversión en equipos de riego ha sido realizada en forma intuitiva o extrapolando información de otras regiones del país.

Por esta razón, evaluar el efecto del riego sobre el aumento de los rendimientos y consecuentemente su impacto económico era un objetivo de gran importancia en esta región. Sólo así agricultores y autoridades podrían tomar decisiones en base a antecedentes técnicos, que permitieran asegurar que los recursos invertidos en tecnologías de riego fueran rentables y generaran un aumento en la calidad de vida de la comunidad.

Por estos motivos, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) se asociaron para realizar el proyecto "Investigación y Aplicación de Riego Artificial en Cultivos, Regiones IX y X" el que se llevó a efecto durante un período de cinco años en la Estación Experimental Carillanca.

Además, la IX Región al desarrollar su agricultura principalmente en condiciones de secano, cuenta con una escasa cultura de riego, la que se refleja en un desconocimiento generalizado de las normas de manejo del agua. Una evaluación del riego a nivel regional, mostró que en el 80% de las 60.000 hectáreas regadas, se utiliza el método de riego tendido, generalmente sin ninguna práctica de habilitación de suelo, con una eficiencia en el uso del agua menor al 30%.

Esta publicación está destinada a llenar el vacío de información existente en la región, sobre el efecto que produce el riego en la producción, los aspectos económicos de la inversión y costos de operación, y manejo del riego en los cultivos.

CAPITULO

RECURSOS

1

BASICOS DE CLIMA Y SUELO

El conocimiento de los recursos básicos de clima y suelo es fundamental para manejar el riego, desde el punto de vista de su programación en tiempo y frecuencia. Esto se debe a que la programación o manejo del riego y la aplicación del agua a los cultivos, es un conjunto de acciones que dependen del suelo, del clima y de las plantas tal como se presenta en la Figura 1.

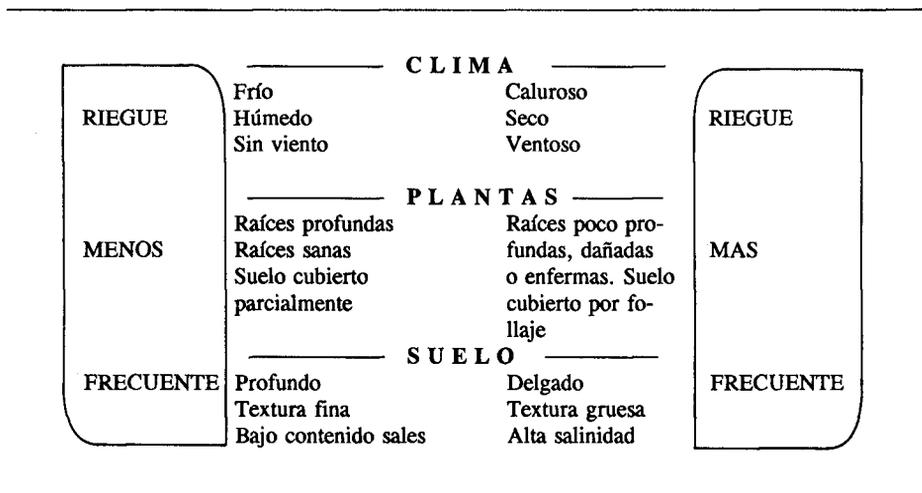


Figura 1. Influencia del clima, planta y características del suelo en la frecuencia de riego.

La dependencia del suelo se debe fundamentalmente a la capacidad que éste tiene de ser un estanque almacenador de agua, desde donde se abastecen las plantas; también, a sus propiedades físicas e hídricas, que determinan la cantidad de agua disponible para ellas, del clima, que determina las necesidades de agua de las plantas y de los cultivos, a través de sus características como profundidad radicular, resistencia a la sequía, entre otras.

En este capítulo se detallan los principales aspectos relacionados con los recursos clima y suelo de la región, que son los que inciden definitivamente en el manejo de la práctica del riego.

1.1 Clima

Desde el punto de vista climático, son varios los factores que interesan para caracterizar un clima de acuerdo a la adaptabilidad agrícola de un área determinada.

Por un lado, se encuentran los parámetros que inciden en las necesidades de agua de los cultivos, llámese precipitación y evaporación de bandeja fundamentalmente y, por otro, los parámetros agroclimáticos primarios y secundarios que definen la adaptabilidad de los cultivos a dicha zona como: temperaturas medias y extremas, horas de frío, días grado, período libre de heladas y su intensidad, etc.

Desde una aproximación productiva-agropecuaria interesa la relación entre las variables o parámetros agroclimáticos con el desarrollo de los cultivos, relaciones que se ven reflejadas en la definición de áreas homogéneas desde el punto de vista climático, denominadas agroclimas.

El clima de la IX Región es, en general, de tipo mediterráneo, caracterizado por una concentración de las precipitaciones en los meses de otoño e invierno, generándose un déficit en los meses de primavera y verano, de mayor o menor magnitud dependiendo de la zona.

1.1.1 AREAS AGROCLIMATICAS DE LA IX REGION

En el área actual de riego y, en la potencialmente regable, se encuentran definidos cuatro agroclimas, a saber: Agroclima Angol, Agroclima Carillanca, Agroclima Loncoche y Agroclima Vilcún¹. La distribución geográfica de éstos se presenta en la Figura 2. Las áreas agroclimáticas corresponden a sectores geográficos homogéneos, determinados en base a sus antecedentes climáticos. En el Cuadro 1 se presenta la precipitación y evaporación de bandeja de cada una de ellas. Estos valores representan el comportamiento general del agroclima, existiendo leves variaciones entre localidades de una misma área.

¹ Novoa y Villaseca (1989)

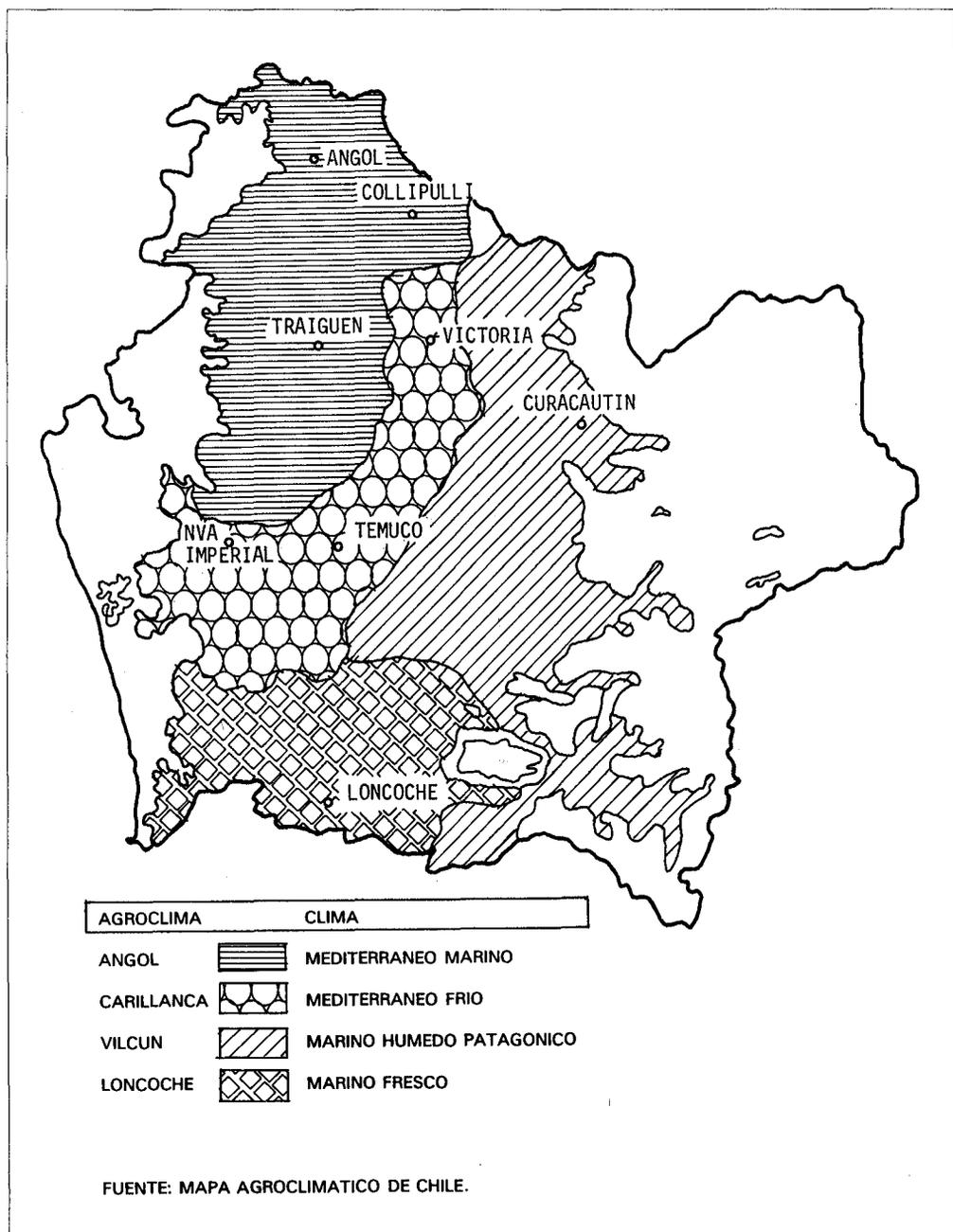


Figura 2. Areas agroclimáticas de la IX Región.

Antecedentes de precipitación y evaporación de bandeja de localidades de la IX Región se indican en el Anexo 1.

1.1.1.1 Agroclima Angol

Este agroclima comprende las comunas de Renaico, Angol, Traiguén, Los Sauces, Collipulli, Galvarino y Perquenco, el sector norte de Nueva Imperial, el sector noroeste de la comuna de Temuco y, el sector este de las comunas de Lautaro y Purén.

La superficie que involucra este agroclima corresponde a 413.200 hectáreas y coincide con el área agroecológica del secano interior de la IX Región.

Se caracteriza por presentar una precipitación y evaporación promedio anual de 1.055 y 1.481 mm, respectivamente. La distribución mensual de estas variables se muestra en el Cuadro 1.

En esta área es posible cultivar, sin mayores restricciones, los siguientes cultivos bajo condiciones de riego: remolacha, maíz, manzano, duraznero, ciruelo, damasco, nogal, cerezo, arándano y frambueso. Entre las hortalizas se destacan tomate, ajo, repollo, espárrago, melón, sandía, pepino, cebolla, coliflor y frutilla.

1.1.1.2 Agroclima Carillanca

El agroclima Carillanca comprende las comunas de Ercilla, Perquenco, Temuco, además del área central de la comuna de Collipulli y oeste de las comunas de Victoria, Lautaro y Vilcún.

La cobertura geográfica de este agroclima asciende a las 406.000 hectáreas y coincide con el sector centro norte del área agroecológica valle central de la región.

Como características hídricas principales es posible destacar una precipitación y evaporación de bandeja promedio anual de 1.394 y 921 mm, respectivamente. La distribución mensual de estas dos variables se muestra en el Cuadro 1.

Los cultivos climáticamente adaptados y bajo riego son, entre los cultivos tradicionales, remolacha y papas; entre los frutales mayores y menores, manzano, arándano y frambueso, híbridos de mora, grosella, avellano europeo y guindo ácido. Entre las hortalizas destacan la arveja, repollo, lechuga y espárrago. En praderas, trébol blanco y rosado y alfalfa.

1.1.1.3 Agroclima Loncoche

Geográficamente se distribuye en el sector sur de la región, abarcando las comunas de Gorbea, Toltén, Loncoche y parte de las comunas de Pitrufquén y Villarrica.

La superficie aproximada que involucra este agroclima es de 657.000 hectáreas, coincidiendo con el sector sur del área agroclimática valle central.

Como características hídricas principales destaca la presencia de precipitación y evaporación de bandeja promedio anual de 2.139 y 1.065 mm, respectivamente. La distribución mensual de estas dos variables se muestra en el Cuadro 1.

Los cultivos bajo riego adaptados a esta zona son los siguientes: remolacha, tréboles, alfalfa, papa, frambueso, arándano, híbridos de mora, zarzaparrilla y manzano.

Cuadro 1. Precipitación y evaporación de bandeja promedio mensual de diferentes agroclimas de la IX Región (mm).

AGROCLIMA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ANGOL													
Pp	21,4	15,8	25,6	56,81	190,1	224,8	207,9	146,8	79,3	44,3	23,6	18,4	1.054,8
EvB	237,0	208,0	148,0	04,0	47,0	39,0	36,0	54,0	70,0	126,0	165,0	247,0	1.481,0
CARILLANCA													
Pp	50,2	43,0	41,2	91,1	236,6	224,9	218,1	160,5	105,6	99,2	59,9	63,7	1.394,0
EvB	161,3	126,1	93,5	48,1	27,5	26,3	20,0	30,6	57,8	83,3	101,2	145,3	920,9
LONCOCHE													
Pp	52,3	85,5	67,4	167,3	301,2	309,7	247,0	328,0	189,0	135,8	123,3	105,1	2.138,6
EvB	185,0	162,0	31,0	79,0	40,0	21,0	18,0	37,0	64,0	88,0	119,0	121,0	1.065,0
VILCÚN													
Pp	72,5	114,4	138,8	166,3	382,3	341,0	371,0	342,1	212,3	139,3	198,0	80,2	2.555,2
EvB	189,0	183,0	171,0	99,0	67,0	39,0	29,0	35,0	56,0	62,0	107,0	104,0	1.141,0

Pp: Precipitación

EvB: Evaporación de bandeja

Fuente: Novoa y Villaseca (1989)

1.1.1.4 Agroclima Vilcún

Ocupa parte de las comunas de Collipulli, Curacautín, Victoria, Freire, Cunco, Villarrica y Pucón, coincidiendo con el área agroecológica de precordillera.

Se caracteriza por presentar una precipitación y evaporación promedio anual de 2.555 y 1.141 mm, respectivamente. La distribución mensual de estas variables se muestra en el Cuadro 1.

La aptitud principal del área es la ganadería, remolacha, papa y chacarería (todo bajo riego).

1.1.2 RELACION EVAPORACION-EVAPOTRANSPIRACION Y PRECIPITACION

Estos tres términos, que básicamente son función del clima, definen en gran medida, las necesidades hídricas de los cultivos y el manejo del riego, objeto de este documento y, se encuentran relacionados a través de un balance hídrico.

Las precipitaciones constituyen la fuente natural de agua para cubrir las necesidades de las plantas, pero no siempre esta fuente logra cubrir los requerimientos, debido principalmente a que las cantidades de agua suministrada por las lluvias a lo largo del ciclo vegetativo no coinciden con las necesidades de las plantas (Cuadro 1). En algunas condiciones el riego sólo es un suplemento hídrico para los cultivos y, en otras, requisito indispensable para obtener producción.

Para conocer la cantidad de agua que es preciso aportar como suplemento a través del riego hay que conocer las necesidades de las plantas y otros parámetros que conforman un balance hídrico. Este balance hídrico considera el suelo a través de sus constantes hídricas, el clima a través de la evapotranspiración y los cultivos a través de sus coeficientes de cultivo y su profundidad de raíces. El balance hídrico con sus principales parámetros se muestra en la Figura 3.

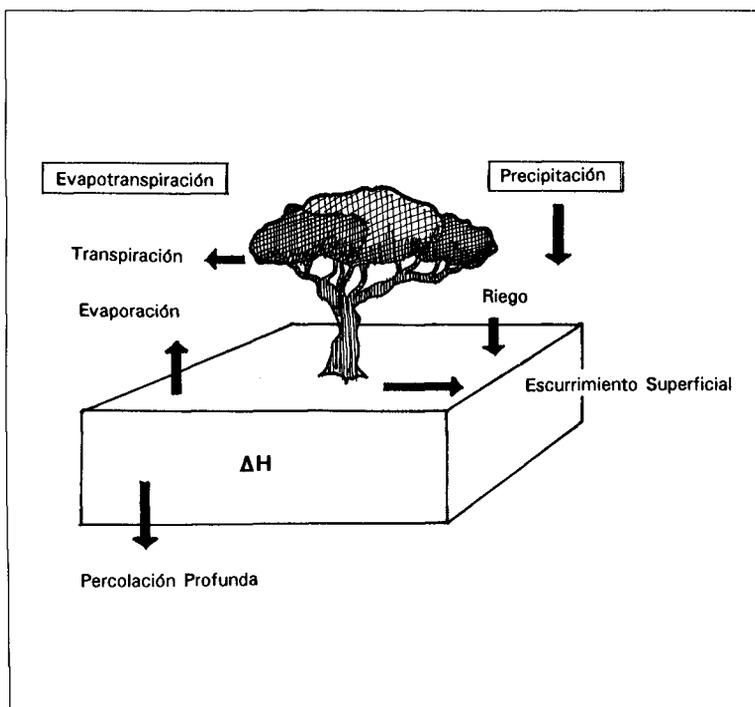


Figura 3.
Balance hídrico de un volumen de suelo.

Estas necesidades responden a un balance entre las pérdidas y los aportes como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Nr} = (\text{ETR} + \text{PP} + \text{Es}) - (\text{Pp} + \text{Cap})$$

Pérdidas Aportes

Donde: Nr = Necesidades de riego
ETR = Evapotranspiración (evaporación + transpiración)
PP = Percolación profunda
Es = Escurrimiento superficial
Pp = Precipitaciones
Cap = Aportes por capilaridad

Las características climáticas se resumen en la evapotranspiración del cultivo, la que, para estimarla se ha recurrido a diferentes metodologías, de las cuales la más difundida es la de bandeja de evaporación.

Desde 1960 se han realizado investigaciones tendientes a relacionar la evapotranspiración de los cultivos (ETR) con la evaporación directa desde una superficie libre de agua (EB), determinándose una estrecha correlación entre ambos fenómenos. El método fue estandarizado mediante el uso de una bandeja de evaporación clase A (Figura 4), en la cual se realizan mediciones directas de la evaporación.

La buena correlación que existe entre el uso de agua por los cultivos, evapotranspiración y la evaporación de bandeja, es la coyuntura que se utiliza en la determinación de cuándo y cuánto se debe regar un cultivo.

La ventaja de este método es que la evaporación de bandeja integra muy bien los parámetros climáticos (temperatura, radiación, viento, humedad relativa, etc.)

1.2 Suelo

Las plantas absorben el agua del suelo por las raíces. La cantidad de agua contenida en el suelo y su absorción por la planta dependen mucho de algunas características de suelo, por lo que es necesario conocerlas.

El suelo está constituido por partículas sólidas de distinto tamaño, que dejan entre sí unos espacios o poros ocupados por aire y agua. Por lo general, el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes, mientras que el agua del suelo ocupa los poros más pequeños.

El conjunto de los poros del suelo se llama porosidad. Su valor suele oscilar entre el 40% y el 60% del volumen total del suelo.

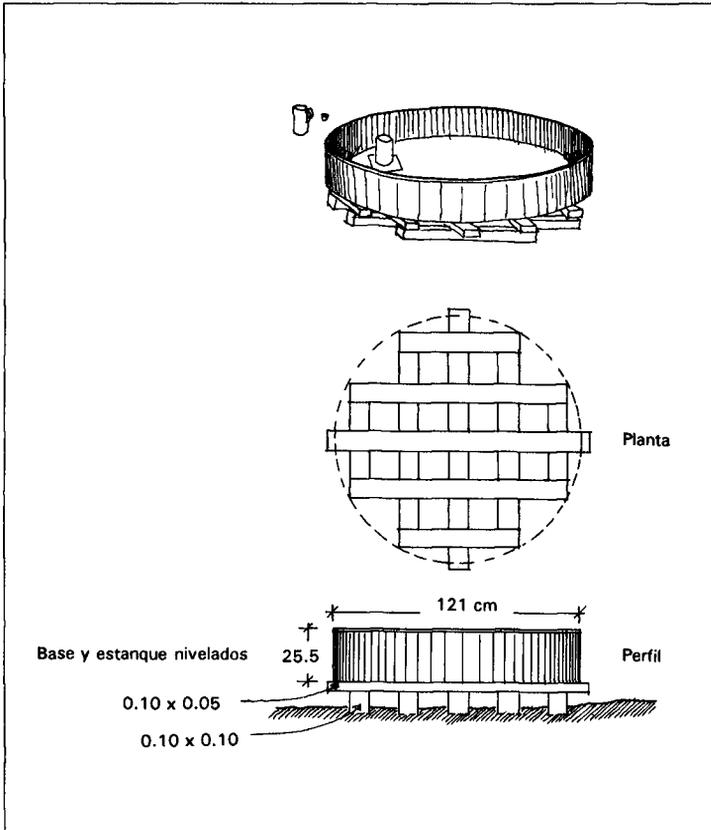


Figura 4.
Bandeja de evaporación.

En cuanto a la densidad del suelo (Densidad = peso/volumen) hay que distinguir entre densidad aparente y densidad real. La densidad aparente se refiere a la densidad de una muestra de suelo tal como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros.

Como orientación se pueden ocupar los siguientes valores de densidad aparente:

Suelo arenoso	> 1,4 g/cm ³ o ton/m ³
Suelo franco	1,3 g/cm ³ o ton/m ³
Suelo arcilloso	1,2 g/cm ³ o ton/m ³
Suelo trumao	< 0,8 g/cm ³ o ton/m ³

La densidad real es la densidad de las partículas sólidas del suelo y varía entre los 2,5 a 2,7 g/cm³ o ton/m³.

La porosidad expresada en porcentaje se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Porosidad} = \frac{(\text{densidad real} - \text{densidad aparente})}{\text{densidad real}} \times 100$$

Se llama textura de un suelo a la proporción que tiene de arena, limo y arcilla. Los suelos que contienen más de un 85% de arena se denominan arenosos, los que contienen más del 80% de limo, limosos y los que superan el 40% de arcilla, arcillosos. Un suelo franco es aquel que está formado por una mezcla de arena, limo y arcilla en proporciones equilibradas, es decir que no predomina ninguno de los tres tipos de partículas. Estos suelos son los que presentan las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas, porque presentan las ventajas de las diferentes clases de partículas, a la vez que eliminan sus inconvenientes.

Los suelos en donde predomina la arena contienen una gran proporción de poros grandes, que dejan pasar con facilidad el aire y el agua, por este motivo estos suelos presentan muy buena aireación, no se encharcan pero no retienen grandes cantidades de agua. Por el contrario, los suelos arcillosos, al tener una gran proporción de poros pequeños, presentan dificultades para dejar pasar el aire y el agua. Por este motivo se encharcan con facilidad, pueden presentar mala aireación pero retienen una gran cantidad de agua.

Se llama estructura de un suelo a la forma en que se unen las partículas de arena, limo y arcilla de ese suelo. Un suelo tiene buena estructura cuando contiene numerosos poros grandes y pequeños, con lo cual el aire, el agua y las raíces se mueven libremente en el suelo, a la vez que permite que una gran cantidad de agua quede retenida entre las partículas sólidas.

Las plantas extraen del suelo el agua que necesitan. Por lo tanto, es necesario conocer la capacidad del suelo para almacenar agua, con el fin de reponer la cantidad extraída. Esta capacidad del suelo de almacenamiento depende en gran medida de la textura, a valores bajos de humedad; y a la estructura, a valores altos de humedad.

1.2.1 FORMAS DEL AGUA EN EL SUELO

La fase líquida del suelo ocupa los poros que existen en la fase sólida. Puede adoptar diferentes formas, que a su vez, presentan muy distinta disposición para ser utilizada por las plantas. Desde antiguo se considera que las formas fundamentales del agua en el suelo son: agua gravitacional o agua libre, agua capilar, agua higroscópica y agua de constitución.

1.2.1.1 Agua gravitacional o agua libre

Es una forma que no está retenida por las partículas sólidas del suelo y que, como consecuencia, puede desplazarse libremente por los poros. La fuerza motriz es la acción de la gravedad y, por efecto de los movimientos verticales descendentes, se elimina mediante el drenaje interno del suelo.

Una parte de esta agua, la que rellena los poros de mayor tamaño, drena rápidamente, mientras que el agua que satura los poros más finos lo hace con mayor lentitud. Los suelos con drenaje insuficiente presentan problemas para la eliminación de esta agua y en ellos las plantas se resienten en forma importante.

1.2.1.2 Agua capilar

Es agua retenida por las partículas sólidas del suelo mediante fuerzas de tensión superficial. Parte de esta agua, la retenida por los capilares del suelo de mayor diámetro (0,2 a 8 micrones), puede ser utilizada por las plantas, ya que la fuerza de retención es inferior a la de succión por las raíces.

El agua retenida por los capilares de menor diámetro (< a 0,2 micrones), lo es tan enérgicamente que la succión de las raíces no puede vencer estas fuerzas y, en consecuencia no puede ser absorbida por la planta.

Conviene destacar, por tanto, que toda el agua retenida por el suelo y utilizable por la planta es agua capilar, pero no toda el agua capilar es aprovechable por la planta.

1.2.1.3 Agua higroscópica

Equivale a la máxima cantidad de agua que las partículas del suelo pueden absorber cuando se ponen en contacto con una atmósfera saturada de vapor de agua. Esta agua queda fijada a la fase sólida por fuerzas eléctricas, ya que en este caso, el agua se comporta como un dipolo.

Esta forma de agua representa, en todos los casos, una fracción muy pequeña y es retenida tan enérgicamente (tensiones desde 30,6 a 10.000 atm), que no puede ser absorbida por las plantas.

1.2.1.4 Agua de constitución

Diferentes componentes del suelo (materia orgánica, arcillas, sales, etc.) están formados por moléculas, en cuya composición entra el agua. Esta forma, ligada a la constitución de la materia, es una fracción muy poco significativa, y al estar retenida tan fuertemente es absolutamente inutilizable por las plantas.

1.2.2 CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO

La capacidad máxima de un suelo para contener agua es igual a su porosidad. A este estado del agua en el suelo se denomina saturación. Este dato no tiene ningún valor práctico, ya que en estas condiciones el agua rellena totalmente los poros del suelo y, al no existir aire por haber sido desplazado por el agua, el suelo se vuelve asfixiante para las raíces. Sin embargo, el suelo por debajo del punto de saturación tiene la capacidad de retener agua en contra de la fuerza de gravedad. Algunos puntos singulares en esta capacidad son: capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

1.2.2.1 Capacidad de campo

La capacidad de campo (CC) es la cantidad máxima de agua que un suelo retiene una vez que ha finalizado el drenaje interno. Coincide con el máximo de agua capilar, que es agua retenida por fuerzas de tensión superficial.

Este contenido de humedad suele expresarse en porcentaje de peso de suelo seco, correspondiendo en valores medidos en laboratorios especializados (INIA, Universidades) al contenido de humedad que tiene un suelo después de someterse a una presión de 1/3 atm, siendo variable para las distintas clases de suelos, menor en los más arenosos y, mayor en los suelos que poseen más elementos coloidales (arcillas, óxidos e hidróxidos, humus).

El porcentaje de humedad se relaciona con el volumen de agua (A) contenido en una hectárea (10.000 m²), en un horizonte de profundidad (p), mediante la siguiente expresión:

$$A = 10^4 \times p \times da \times (CC / 100)$$

donde: p = profundidad (m)
 da = densidad aparente del suelo (ton/m³)
 CC = Capacidad de Campo (% del peso)
 A = Contenido de humedad (m³ agua/ha)

Dividiendo el valor A, calculado mediante la expresión anterior por 10 obtenemos el contenido de humedad expresado en litros por metro cuadrado o en milímetros ya que significan lo mismo (lt/m²).

$$10 \times m^3/ha = 1 \text{ lt}/m^2 = 1 \text{ mm}$$

1.2.2.2 Punto de marchitez permanente

Si el contenido de humedad disminuye progresivamente, las plantas encontrarán cada vez mayores dificultades para absorber agua del suelo, llegando al punto en que se inician los fenómenos de marchitez. Cuando este estado es irreversible, es decir, la planta no se recupera al someterla a una atmósfera saturada con agua, se dice que el suelo se encuentra en un estado o punto de marchitez permanente (PMP).

Este punto es variable, además para cada suelo, para cada especie de planta y, medido en laboratorio, corresponde al estado de humedad que posee un suelo después de haber sido sometido a una presión de 15 atm. En relación a los tipos de suelo, su comportamiento es similar que para los valores de CC. (Figura 5)

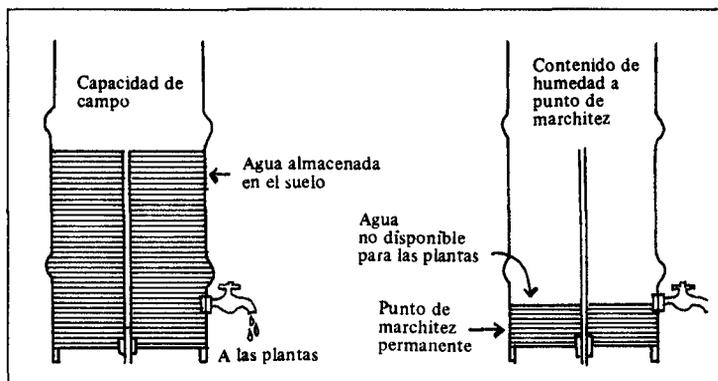


Figura 5.
Contenido de humedad a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

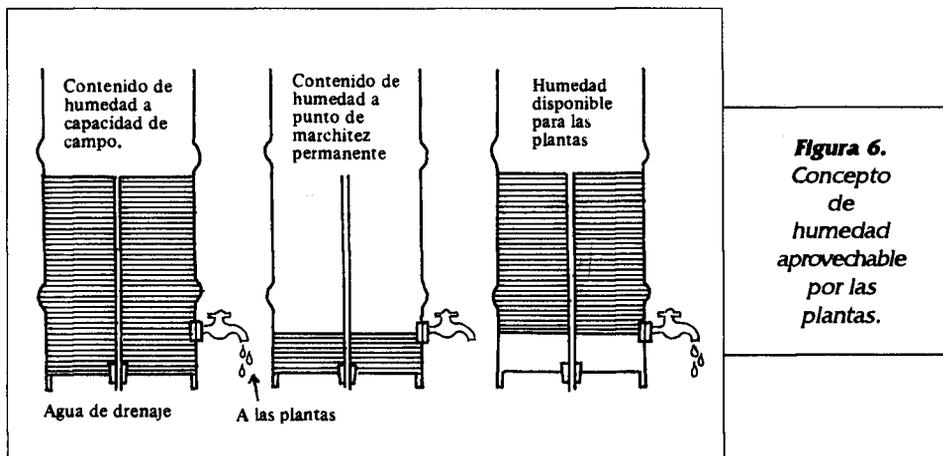
1.2.3 HUMEDAD APROVECHABLE

La humedad aprovechable por las plantas es aquella agua capilar que se encuentra comprendida entre los valores de CC y PMP, siendo variable para cada tipo de suelo y distintamente aprovechable en su rango (Figura 6), respondiendo su cálculo a la siguiente ecuación:

$$h = \frac{(CC - PMP)}{100} \times da \times H$$

- donde: h = Agua aprovechable (cm o m)
 CC = Capacidad de campo (%)
 PMP = Punto de marchitez permanente (%)
 da = Densidad aparente del suelo (g/cm³ o ton/m³)
 H = Profundidad considerada (cm o m)

Además, este valor puede ser expresado en m^3/ha con sólo multiplicar por 10 el resultado de h expresado en mm .



En el documento se indican, en diferentes cuadros, algunos valores de las constantes hídricas (CC y PMP) para las principales series de suelo de la IX Región.

Se ha visto que no toda el agua es fácilmente disponible entre la CC y el PMP, debido a que mientras más se seca el suelo, las plantas requieren más energía para extraerla, con lo cual su crecimiento y desarrollo se restringe.

Por esto se desarrolló el concepto de UMBRAL de riego, que representa el porcentaje máximo de agua que puede ser extraída desde el suelo, sin afectar el crecimiento o desarrollo de las plantas. Para la gran mayoría de los árboles frutales este valor es de alrededor del 50 % (0,5 en tanto por 1).

Los valores correspondientes a CC y PMP aumentan a medida que aumenta el contenido de elementos coloidales del suelo (arcilla y humus principalmente), pero no lo hacen en forma paralela, sino que es mayor el aumento de la CC, lo que significa que el agua utilizable en los suelos aumenta con el contenido de arcillas y materias orgánicas humificadas, lo que se puede apreciar en la Figura 7.

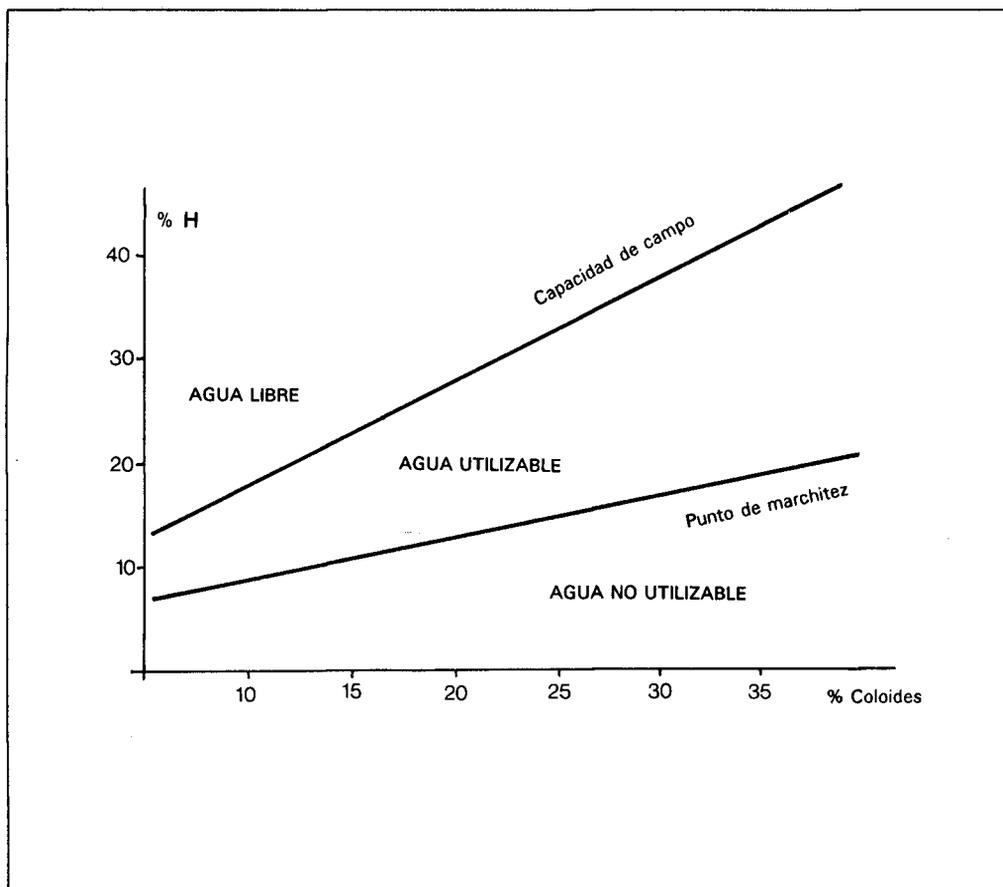
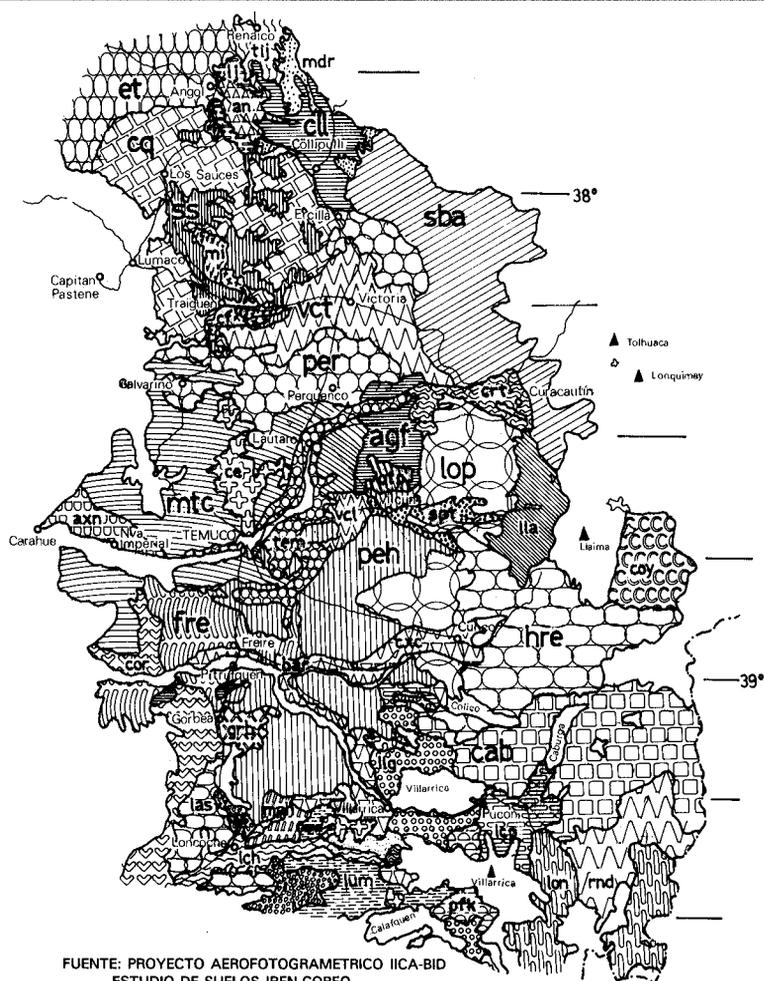


Figura 7. Agua utilizable en los suelos cultivados, según su contenido de elementos coloidales.

1.2.4 SUELOS REGIONALES Y SUS CARACTERISTICAS

Los suelos de un área se agrupan en series, las cuales presentan características similares en sus horizontes, como color, textura, profundidad, estructura, etc., por presentar un origen y formación similar.

A continuación se presenta una descripción de las series de suelo más representativas de cada agroclima. La ubicación espacial de las series de suelo se presenta en la Figura 8.



FUENTE: PROYECTO AEROFOTOGRAMETRICO IICA-BID
ESTUDIO DE SUELOS IREN-CORFO
ESTUDIO SUELOS VOLCANICOS DE CHILE-INIA

CLAVES Y SERIES DE SUELOS

agf : Agua Fría	cxo : Cunco	lop : Los Prados	pit : Pitruquén
axn : Nueva Imperial	fre : Freire	lum : Lumaya	qtp : Quintripe
bar : Barros Arana	grb : Gorbea	mah : Malihue	rnd : Rinconada
cab : Caburgua	hre : Huerere	mdr : Mirador	sba : Santa Bárbara
ce : Cerro	las : Lastarria	mi : Mininco	spt : San Patricio
cil : Collipulli	lch : Loncoche	lj : Laja	ss : Santa Sofía
cor : Correltúe	lcp : La Compañía	mtc : Metrenco	tem : Temuco
coy : Coyán	llg : Llaima	phe : Pemehue	tij : Tijeral
crt : Curacautín	llg : Los Lagos	per : Perquenco	vcl : Vilcún
cq : Cauquenes	lon : Los Nevados	pfk : Puerto Fonk	

Figura 8. Ubicación geográfica de las series de suelo de la IX Región.

1.2.4.1 Series de suelo en agroclima Angol

Dentro de esta zona climática se pueden distinguir las siguientes series de suelo regadas y potencialmente regables: Tijeral, Angol y Metrenco.

La serie Tijeral tiene una superficie de aproximadamente 75.000 ha y corresponde a suelos ubicados al sector poniente del valle central en posición de lomajes ondulados, con pendientes complejas de hasta un 15%. Bajo condiciones de riego la aptitud agrícola de esta serie es para chacras, cereales y praderas.

Los suelos de la serie Angol, concentran una superficie aproximada de 12.000 ha. Son suelos de posición baja, planos a ligeramente ondulados. Su capacidad de uso corresponde a clase II y IIIr, siendo posible encontrar áreas con clase IIIr.

La serie Metrenco se ubica dentro de la depresión intermedia en posición de lomajes con pendientes complejas de 4 a 15%. Son suelos de textura fina a muy fina (arcillosa), y de drenaje bueno a moderado, cubriendo una superficie de aproximadamente 151.000 ha.

En el Cuadro 2 se muestran las características físico-hídricas más importantes de las diferentes series de suelo de este agroclima.

En general, los suelos que se presentan en el área de este agroclima son profundos, con más de 70 cm de profundidad y superando los 1,4 m en las series Angol y Tijeral.

1.2.4.2 Series de suelo en agroclima Carillanca

Los suelos regados o potencialmente regables más característicos de esta zona son las siguientes series: Victoria, Perquenco y Temuco.

Estas series se caracterizan por ser suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas modernas que ocupan una topografía plana dentro del valle central.

La serie Victoria tiene una superficie aproximada de 56.000 ha y descansa sobre brecha volcánica meteorizada, en posición de terraza remanente.

Los suelos de la serie Perquenco son derivados de cenizas volcánicas recientes, ocupando una superficie aproximada de 32.000 ha en el valle central. Esta serie de suelo se caracteriza por una textura franco arcillosa.

La serie Temuco representa una superficie aproximada de 43.000 ha y se presenta en posición de terraza aluvial reciente en el río Cautín. Posee una textura franco a franco arcillosa y su profundidad alcanza a 1,2 metros, no presentando restricciones de profundidad para ningún tipo de cultivo.

Cuadro 2. Características físico-hídricas de las principales series de suelo del agroclima Angol.

SERIE	PROFUNDIDAD cm	CLASIFICACION TEXTURA L	CC	PMP	Dap
			% HUMEDAD	BPS	g/cm ³
TEMUCO					
	0 - 19	Franco-limoso	29.8	16.5	1.16
	19 - 30	Franco-limoso	31.8	18.5	1.24
	30 - 45	Franco limoso	27.5	16.2	1.09
	45 - 65	Franco-limoso	33.8	17.2	1.05
	65 - 87	Franco-limoso	40.2	20.6	1.13
	87 - 140	Franco-limoso	40.2	17.8	1.16
ANGOL					
	0 - 24	Franco-limoso	27.8	11.0	1.44
	24 - 47	Franco-limoso	17.7	6.4	1.47
	47 - 110	Franco-limoso	23.8	11.5	1.41
	110 - 150	Franco-limoso	28.1	13.9	1.40
METRENCO					
	0 - 20	Franco-arcilloso	39.7	27.8	1.25
	20 - 46	Arcilloso	34.4	25.9	1.28
	46 - 60	Arcilloso	30.6	26.3	1.40
	60 - 71	Arcilloso	42.1	32.3	1.32

Fuente: Quiroga, G. (1987)

CC : Capacidad de Campo.

PMP: Punto de Marchitez Permanente.

Dap : Densidad Aparente.

BPS : Base Peso Seco.

Del punto de vista agrícola, estos suelos se caracterizan por constituir un tránsito entre una agricultura de riego y de secano. Bajo condiciones de riego se agrega la chacra a la rotación.

En el Cuadro 3 se presentan las características físico-hídricas de las diferentes series de suelo que se presentan en el área de este agroclima.

En el Cuadro se puede apreciar que estas series de suelo se caracterizan por tener textura franco a franco arcillosa. De las tres series de suelo, la serie Temuco es la que presenta la mayor profundidad de suelo alcanzando a 1,2 m. Las otras dos series presentan una profundidad inferior a los 0,6 m.

Cuadro 3. Características físico-hídricas de las principales series de suelo del agroclima Carillanca.

SERIE	PROFUNDIDAD cm	CLASIFICACION TEXTURAL	CC	PMP	Dap
			% HUMEDAD	BPS	gr/cm ³
VICTORIA	0 - 17	Franco-arcilloso	42.0	31.0	1.13
	17-28	Franco-arcilloso-limoso	42.6	31.4	1.21
	28 - 62	Arcilloso	39.8	32.6	1.19
PERQUENCO	0 - 15	Franco-arcilloso	30.4	21.8	1.36
	15 - 34	Franco-arcilloso	29.7	21.2	1.34
	34 - 42	Franco-arcilloso	32.2	26.0	1.23
TEMUCO	0 - 22	Franco	70.3	43.4	0.93
	22 - 50	Franco	65.4	48.9	0.99
	50 - 92	Franco	72.4	56.5	0.76
	92 - 120	Franco-limoso	67.2	52.9	0.86

Fuente: Quiroga, G. (1987)

CC : Capacidad de Campo.

PMP: Punto de Marchitez Permanente.

Dap : Densidad Aparente.

BPS : Base Peso Seco.

1.2.4.3 Series de suelo en agroclimas Loncoche y Vilcún

Las series de suelo más representativas de estos agroclimas, regadas o potencialmente regables, son: Vilcún, Pemehue, Barros Arana y Freire.

La serie Vilcún comprende una superficie aproximada de 9.000 ha, ocupando una topografía plana dentro del valle central. Tanto la serie Vilcún como Barros Arana ocupan una posición de terraza aluvial reciente de los ríos Cautín, Tolten y Allipén. La serie Barros Arana ocupa una superficie aproximada de 17.000 ha.

La serie Pemehue ocupa una superficie aproximada de 148.000 ha. Se ubica en el valle central, ocupando una posición de lomajes con pendientes complejas que fluctúan entre el 4 y el 15%. Son suelos aptos para cereales, praderas y forestales en zonas de pendientes escarpadas. En los sectores más planos a suavemente ondulados presentan aptitud para el cultivo de papa y remolacha.

La serie Freire, por otra parte, ocupa una superficie aproximada de 50.000 ha. Esta serie se caracteriza por tener una formación de «fierrillo» en la zona de contacto entre el suelo y el substratum, lo que afecta su drenaje permaniendo por largos períodos húmedos con nivel freático alto, no obstante que en verano se secan extremadamente. Por las condiciones similares a los suelos de la X Región se les llama comúnmente "ñadis".

Estos suelos presentan topografía plana a suavemente ondulada, lo que determina la formación discontinua de fierrillo, el que se localiza en las áreas planas. Presenta aptitud para trigo, raps y praderas, en las zonas habilitadas. Existen áreas bajo agricultura de riego.

En el Cuadro 4 se presentan las características físico-hídricas de las principales series de suelo correspondientes a este agroclima.

En el Anexo 2 se presenta una descripción detallada de la caracterización físico hídrica de las series de suelo descritas en este capítulo.

Cuadro 4. Características físico-hídricas de las principales series de suelo de los agroclimas Loncoche y Vilcún.

SERIE	PROFUNDIDAD cm	CLASIFICACION TEXTURAL	CC	PMP	Dap gr/cm ³
			% HUMEDAD	BPS	
FREIRE	0 - 31	Franco-limoso	65.7	37.6	0.98
	31 - 43	Franco-limoso	74.7	51.3	0.93
	43 - 57	Franco-limoso	72.2	52.5	0.95
	57 - 80	Franco-limoso	74.3	53.7	0.95
B.ARAMA	0- 15	Franco	70.4	47.0	0.91
	15 - 25	Franco-arenoso	77.0	61.8	0.84
	25 - 45	Franco-arenoso	64.8	49.0	0.93
PEMEHUE	0 - 20	Franco-arcilloso	74.3	59.1	0.90
	20 - 40	Franco-limoso	77.1	53.3	0.90
	40 - 60	Franco-limoso	80.6	65.1	0.78
	60 - 108	Franco	63.0	46.5	0.88
VILCUN	0 - 20	Franco-arcilloso	78.2	49.6	0.82
	20 - 35	Franco	79.3	45.7	0.73
	35 - 65	Franco-limoso	90.1	63.6	0.66

Fuente: Quiroga, G. (1987)

CC : Capacidad de Campo.

PMP: Punto de Marchitez Permanente.

Dap : Densidad Aparente.

BPS : Base Peso Seco.

CAPITULO

2

EFFECTOS DEL RIEGO EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS

E

El agua es el principal componente de las plantas, en algunos de cuyos órganos representa más del 90%. Actúa como disolvente y medio de transporte de gases, minerales y otras sustancias esenciales para la vida vegetal y es asimismo un reactivo de procesos fundamentales, como la fotosíntesis.

En su recorrido a través de la planta, el agua se dirige desde el suelo hasta la atmósfera. La última fase de este movimiento se produce en los estomas de las hojas, donde el agua líquida pasa al estado gaseoso saliendo a la atmósfera. En los estomas, por tanto, se produce una especie de bombeo que eleva el agua desde el suelo a través de las raíces, xilema y hojas.

La absorción del agua del suelo, es decir, el paso a través de las raíces hacia el xilema se produce principalmente por el gradiente de potencial generado por la transpiración de las partes aéreas.

Mediante la transpiración, la planta transfiere del suelo a la atmósfera cantidades enormes de agua, que pueden representar varios cientos de kilos por cada kilo de materia vegetal seca producida.

Algunos autores afirman que el déficit hídrico en la planta se produce cuando la transpiración de agua supera a la absorción; en esta situación se afectan todos los procesos vitales de las plantas, con el consecuente retraso y alteración del crecimiento y disminución de la producción.

Todos los cultivos tienen un período crítico en el que los efectos del déficit hídrico son más pronunciados; en general, el período crítico se presenta en floración, cuajado y primeros estados del crecimiento de los frutos.

El efecto del déficit hídrico en los cultivos ha sido estudiado por diferentes autores que concluyen que este proceso tiene un comportamiento lineal para valores de estrés de hasta un 50% (Figura 9).

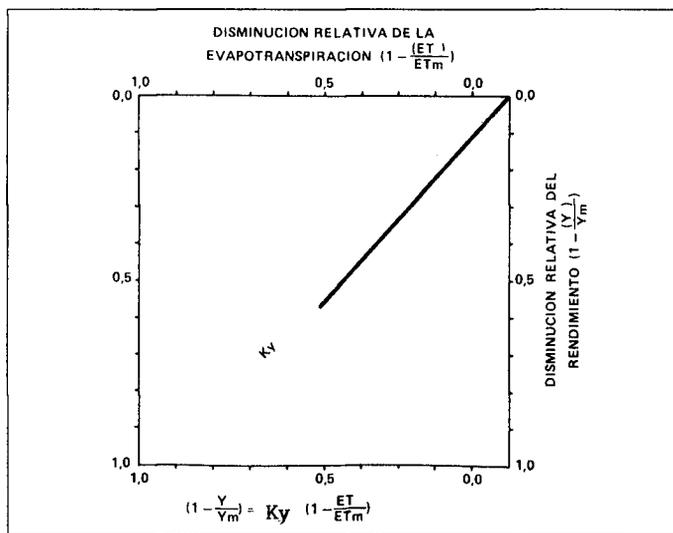


Figura 9.
Efecto del agua en los rendimientos (funciones de producción).

Fuente: Doorenbos y Kassam, (1979)

En frutales, el crecimiento vegetativo es muy sensible al estrés hídrico. De acuerdo a su intensidad y duración primero se afecta la elongación de brotes, luego sigue su engrosamiento y a continuación el tamaño de la hoja.

Los requerimientos de agua de los cultivos corresponden a la evapotranspiración y se refieren al agua usada por la planta en transpiración, crecimiento y evaporación directa desde el suelo adyacente.

La evapotranspiración depende de la interacción de factores climáticos, botánicos, de suelo y de manejo a los cuales está conectada la planta. Entre ellos se puede mencionar la temperatura, el viento, la radiación, el follaje, la disponibilidad de agua, etc.

La evapotranspiración es baja al principio de la temporada, aumentando a medida que se desarrolla el follaje y los días se hacen más largos y calurosos.

La evapotranspiración de algunos cultivos presentes en la IX Región fluctúa entre 2.129 m³/ha y 7.081 m³/ha. (Ver Cuadro 16)

En la IX Región, aunque las precipitaciones son altas y se concentran entre los meses de abril a octubre, se produce un período de déficit hídrico debido a que las lluvias no suplen en su totalidad la evapotranspiración de muchos cultivos, lo que hace necesario realizar riegos suplementarios, para evitar que se produzcan estrés hídricos que afecten el rendimiento.

Investigaciones desarrolladas como parte del proyecto INIA-CORFO en la Estación Experimental Carillanca, han demostrado que la aplicación artificial de agua aumenta los rendimientos en algunos cultivos como remolacha, arándano, frambuesa, espárrago y pradera. En el Anexo 3 se muestran las funciones que relacionan la evapotranspiración y los rendimientos para diferentes condiciones agroclimáticas de la IX Región.

El efecto del riego en el rendimiento de los cultivos depende de las condiciones climáticas del área, básicamente del déficit hídrico, producto de la diferencia entre la evaporación y precipitaciones. Es así como en la IX Región, el área del agroclima Vilcún presenta menores efectos en el rendimiento producto de la aplicación de agua en forma artificial. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Incremento del rendimiento por efecto del riego en cultivos de la IX Región.

CULTIVO	AGROCLIMA	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	AUMENTO	%
		SIN RIEGO (ton/ha)	CON RIEGO (ton/ha)	RENDIMIENTO (ton/ha)	AUMENTO RENDIMIENTO
Arándano (5º año plantación)	Angol	0.30	5.00	4.70	1566
	Carillanca	0.37	4.00	3.63	981
	Loncoche	0.67	4.00	3.33	497
Espárrago (2º cosecha)	Angol	0.78	3.80	3.02	387
	Carillanca	0.91	3.00	2.09	230
	Loncoche	1.30	3.00	1.70	131
	Vilcún	2.00	3.00	1.00	50
Frambueso	Angol	2.85	11.00	8.15	286
	Carillanca	3.38	8.50	5.12	152
	Loncoche	4.79	8.50	3.71	78
	Vilcún	4.95	7.50	2.55	51
Pradera	Angol	3.53	14.00	10.47	297
	Carillanca	4.77	14.00	9.23	194
	Loncoche	6.34	14.00	7.66	121
	Vilcún	5.72	9.00	3.28	57
Remolacha	Angol	25.3	80.00	54.70	216
	Carillanca	38.5	80.00	41.50	108
	Loncoche	51.8	80.00	28.20	54
	Vilcún	53.9	70.00	16.10	30

FUENTE: Elaborado en base al Convenio INIA-CORFO

En el Cuadro 5 también es posible observar, que los mayores incrementos de rendimiento, se obtienen en las áreas de los agroclimas Angol y Carillanca, los cuales en la actualidad concentran la mayor superficie regada de la región. Los incrementos de rendimiento producto del riego en remolacha en estas áreas agroclimáticas son de 214% y 108%, respectivamente. El área del agroclima Loncoche, si bien presenta incrementos productivos menos espectaculares para este mismo cultivo, estos son bastante significativos alcanzando niveles del 54%, es decir, de 52 se puede llegar a un potencial de 80 toneladas de raíz limpia.

La producción de praderas y cultivos hortofrutícolas presentan la misma tendencia que el cultivo de la remolacha, exhibiendo los mayores incrementos de producción en los agroclimas Angol y Carillanca.



Foto 1 y 2. Efecto del riego en el desarrollo del arándano.

Las formas de aplicar el agua al suelo para suplir los requerimientos hídricos de los cultivos es lo que llamamos métodos de riego. Es fundamental la eficiencia en la aplicación del agua, ya que éste es un recurso escaso que generalmente no alcanza para regar toda la superficie que desea el agricultor o para no producir problemas en los sectores o predios que se encuentran en posiciones más bajas.

3.1 Clasificación de los métodos de riego

Una de las características que permiten clasificar los diferentes métodos de riego es la energía con que se mueve el agua (Cuadro 6). Desde este punto de vista se pueden clasificar en métodos gravitacionales y presurizados.

3.1.1 METODOS DE RIEGO GRAVITACIONALES

Son los métodos de riego que utilizan la energía gravitacional mediante canales o acequias para el movimiento del agua, es decir se aprovecha la diferencia de altura o cota entre los canales de distribución de agua y los sectores a regar.

3.1.2 METODOS DE RIEGO PRESURIZADOS

Los métodos de riego presurizados se caracterizan por requerir la conducción del agua a presión, por tuberías. La presión requerida por el sistema se obtiene de equipos de bombeo, o de fuentes de agua ubicadas a varios metros sobre el nivel del área a regar.

En el Cuadro 7 se presentan las condiciones topográficas, de suelo y cultivos adaptados a algunos métodos de riego.

Cuadro 6. Clasificación de los métodos de riego según la fuente de energía empleada.

MÉTODOS GRAVITACIONALES	Tendido mejorado	
	Surcos	Surcos rectos Surcos en contorno Surcos taqueados Surcos en zig zag
	Bordes o platabandas	
MÉTODOS PRESURIZADOS	Aspersión	
	Localizados	Goteo Microaspersión Cintas

Cuadro 7. Adaptación de algunos métodos de riego en relación al cultivo, topografía y características de suelo.

METODO DE RIEGO	CULTIVO	TOPOGRAFIA	SUELO
Tendido mejorado	Cultivos de siembra densa (cereales, praderas)	Suelos con pendiente hasta 8 %, ondulados	Todo tipo de suelos regables; suelos pocos profundos que no son factibles de nivelar
Surcos rectos	Cultivos en hilera: maravilla, maíz, frejol, papa, remolacha adaptado a cultivo mecanizado	Pendientes uniformes hasta 2 %, óptimo 0,2 %	Adaptado a la mayoría de los suelos, ajustando longitud del surco a características del suelo
Surcos en contorno	Mismos anteriores	Terrenos ondulados; pendientes entre 2 y 10 %, óptima inferior a 7 %	Suelos de texturas medias a arcillosas que no se agrieten al secarse. Peligro de erosión por agua que reviente surcos
Platabandas o bordes	Cultivos de siembra densa (cereales, raps) y praderas	Pendientes uniformes hasta un 3 % óptima 0,2 %	Suelos profundos factibles de nivelar; se adapta a todas las texturas de suelos ajustando el largo de bordes a características del suelo
Aspersión	Todos los cultivos, algunos requieren tratamientos fitosanitarios en período de fructificación. Posible daño en frutos.	Adaptado a terrenos irregulares, suelos que no se pueden nivelar; suelos con pendientes altas.	Adecuado a la mayoría de los suelos cultivables.
Riegos localizados	Cultivos poco densos sembrados o plantados en hileras (frutales y hortalizas)	No hay restricción de pendiente de suelo	Adaptado a todo tipo de suelo.

3.2 Criterios de selección de los métodos de riego

Se debe destacar que no existe un método de riego ideal, ni tampoco se puede señalar que un método es mejor que otro si no se especifican otras variables como: el cultivo que se va a regar, las características topográficas y del suelo, abastecimiento de agua (cantidad y calidad) y finalmente aspectos económicos, es decir, cada método de riego tiene sus condiciones particulares de operación y manejo. Cabe destacar que se puede diseñar un sistema de riego con una alta eficiencia, pero si se cambian las condiciones de operación y normas de manejo, se puede convertir en un método altamente ineficiente, que puede llegar a no justificar la inversión en la tecnificación del sistema de riego.

Por ello, para seleccionar un método de riego, se debe tener en cuenta aspectos técnicos (cultivo, suelo, agua), recursos humanos y aspectos económicos.

3.2.1 FACTORES RELACIONADOS CON EL CULTIVO

3.2.1.1 Densidad de siembra o plantación

Es la cantidad de plantas por unidad de superficie; así, un cultivo denso corresponde a siembras de cereales, praderas, en los que existe una alta cantidad de plantas por m², al contrario de aquellos sembrados o plantados en hileras o líneas separadas a gran distancia como papa, maíz, frutales, hortalizas. En los cultivos densos se requiere mojar toda la superficie del suelo, por lo tanto en este caso se emplea el riego por tendido mejorado y por bordes entre los gravitacionales, y aspersión en el caso de los presurizados. Por otro lado, si se piensa emplear métodos gravitacionales en cultivos como frambueso, papa, remolacha, etc. en los cuales existen hileras definidas, el riego por surco se adapta favorablemente, presentando la ventaja de no mojar toda la superficie del suelo. Entre los presurizados se adaptan tanto el riego por aspersión como el de goteo.

3.2.1.2 Susceptibilidad a enfermedades

Se refiere especialmente a enfermedades fungosas que afectan órganos vitales de la planta o los productos que se obtienen de ella, por lo que se deben evitar aquellos sistemas de riego que mojan las partes susceptibles del cultivo, como hojas, frutos, tronco, etc., y las destinadas a la comercialización.

3.2.2 FACTORES RELACIONADOS CON EL SUELO

3.2.2.1 Pendiente

Como se señaló en el Cuadro 7, cada método de riego tiene una pendiente óptima, y un valor máximo en la cual es aplicable el método. Si las condiciones del

suelo no permiten efectuar una nivelación o emparejamiento de éste para ajustar la pendiente, no se podrá emplear métodos gravitacionales y será necesario recurrir a sistemas localizados o aspersión donde el desnivel del suelo no es una limitante.

3.2.2.2 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración es la rapidez con que el agua es absorbida por el suelo. Esta es alta al inicio de un riego y disminuye a medida que transcurre el tiempo en que el agua permanece sobre la superficie del suelo (tiempo de riego).

Es una característica que está asociada a la textura del suelo. En los arenosos, el agua se infiltra rápidamente en el perfil, mientras en los arcillosos una misma cantidad de agua demora más en infiltrar. Atendiendo a esta característica, en los suelos arcillosos cuya infiltración es muy baja, el riego por aspersión debe efectuarse con aspersores de baja precipitación, requiriendo altos tiempos de riego, que en ocasiones resultan económicamente no recomendables. Por otra parte, en un suelo muy arenoso el método de riego por surcos presenta limitaciones, pues los surcos deberán ser muy cortos para un adecuado manejo, con lo cual se perderá mucho terreno en el trazado de canales, aumentando los requerimientos de mano de obra.

3.2.3 DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

La disponibilidad de agua limita la superficie a regar y obliga a mayores grados de eficiencia en el uso del recurso, de modo de obtener los mayores beneficios.

Otro aspecto que se debe considerar es la calidad del agua a objeto de no aumentar la concentración de sales en el suelo; en general, éste no es un problema para la zona regada del centro sur de Chile.

3.2.4 ASPECTOS RELACIONADOS CON EL PERSONAL

Los sistemas de riego presurizados requieren personal entrenado en el manejo de los equipos, pero la eficiencia en estos métodos es menos dependiente del personal, siendo fundamental el diseño del sistema. En los sistemas de riego gravitacionales, la eficiencia del riego depende directamente del regador y de la forma en que aplique el agua.

Lo expuesto, hace necesario que todas las personas que riegan reciban la capacitación adecuada para el sistema de riego que deben operar, ya que es fundamental para obtener un adecuado uso del agua de riego.

3.2.5 DISPONIBILIDAD DE ENERGIA

En algunos casos se dispone de la fuente de agua a un desnivel tal que permite operar equipos de riego presurizado, sin utilizar fuentes de energía adicional. En otros casos la disponibilidad de energía es un factor muy importante en la selección del método de riego, si éste debe contemplar el uso de sistemas de bombeo.

3.2.6 ASPECTOS ECONOMICOS

Se deben analizar los diferentes costos en que debe incurrir el agricultor para poder operar en forma óptima el sistema de riego diseñado. Se debe considerar la inversión inicial y la depreciación del equipo, los gastos de capacitación del personal, de operación anual tales como mano de obra, energía, mantención y/o trazado de canales.

3.3 Características y manejo de métodos de riego

En esta sección se abordará con mayor detalle los métodos más adaptados a la zona centro sur de Chile.

3.3.1 RIEGO TENDIDO MEJORADO

El método de riego por tendido (Figura 10), también llamado en otras partes por "inundación" o "anegamiento", es el sistema más antiguo e ineficiente de aplicar el agua a los cultivos. Consiste en dejar escurrir el agua desde los canales o acequias

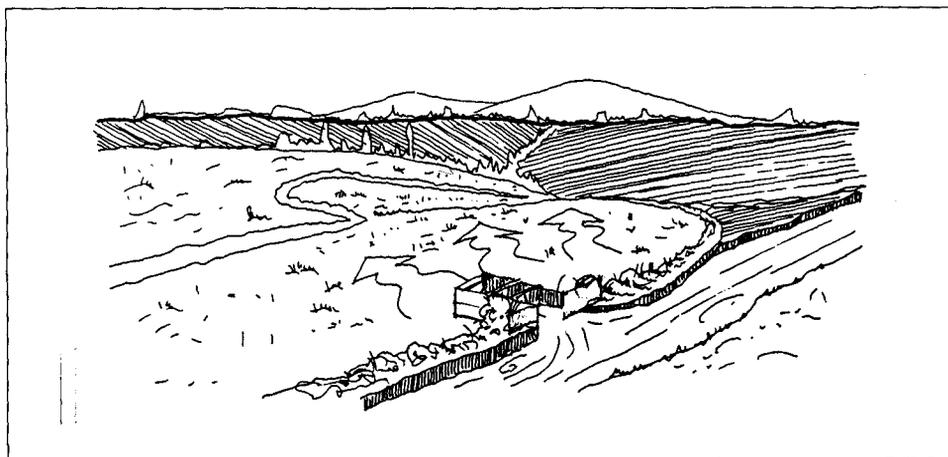


Figura 10. Esquema de riego tendido.

trazados en los sectores altos de los potreros hacia los más bajos; normalmente el nivel del agua se eleva en el canal haciendo un taco, rompiendo el borde de éste para que inunde el área a regar.

Las ventajas que normalmente se le atribuyen al método por tendido tradicional son: requiere poca inversión inicial, necesita pocas estructuras permanentes.

Sus desventajas son su baja eficiencia (no más del 30% en la IX Región), los riesgos de erosión, la desuniformidad de aplicación, la excesiva división de los potreros y el alto requerimiento de mano de obra calificada.

A pesar de sus inconvenientes, es el más usado en la IX Región, regándose alrededor de 50.000 ha con este método. Sin embargo, es posible introducir algunas tecnologías que permiten mejorar su eficiencia, por lo que se ha denominado "tendido mejorado".

Algunas de estas tecnologías son las siguientes:

3.3.1.1 Tiempo de riego

Es el período de tiempo durante el cual el agua debe permanecer sobre la superficie. En la práctica se hace de la siguiente forma: se riegan sectores del potrero con diferentes tiempos. Después de dos a tres días de regar se hacen muestreos de suelo para ver la profundidad que alcanzó a mojarse con los diferentes tiempos de riego, y se elige aquel que haya humedecido la profundidad radicular.

3.3.1.2 Caudal no erosivo

Emplear el máximo caudal que permita cubrir en el mínimo de tiempo la superficie a regar, pero que a su vez no cause erosión del suelo. Esta se detecta mediante el arrastre de partículas de suelo durante el riego y su acumulación en las partes bajas una vez finalizado éste.

3.3.1.3 Manta de riego

Consiste en un dispositivo construido con un saco que se amarra a un palo, de tal manera que se atraviesa en el canal y permite elevar el agua, en vez de hacer un taco en el canal, con champas de pasto y tierra (Figura 11).

3.3.1.4 Cajas de derivación

Para derivar el agua desde el canal al potrero generalmente el regador hace un taco y rompe el borde del canal. Para evitarlo, se pueden colocar cajas de distribución construidas en madera que permiten la salida del agua desde el canal. Estas cajas se pueden emplear tanto para riego tendido como para riego por surcos (Figura 12).

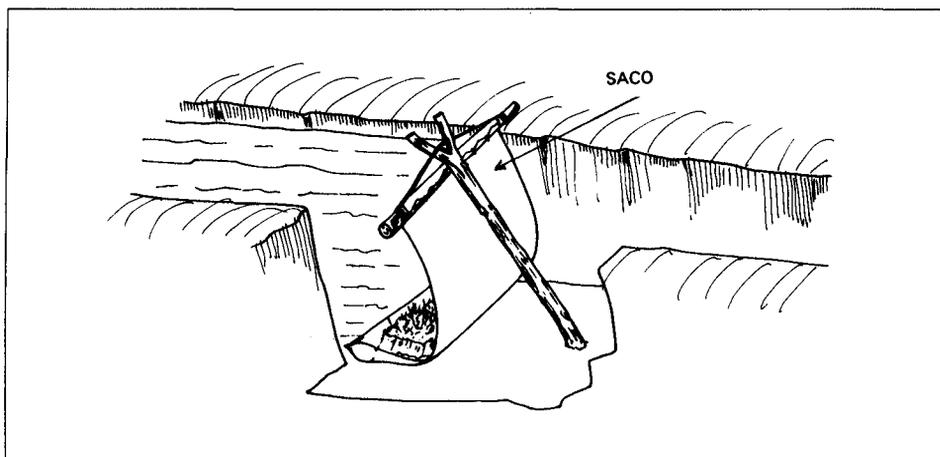


Figura 11. Esquema de una manta de riego.

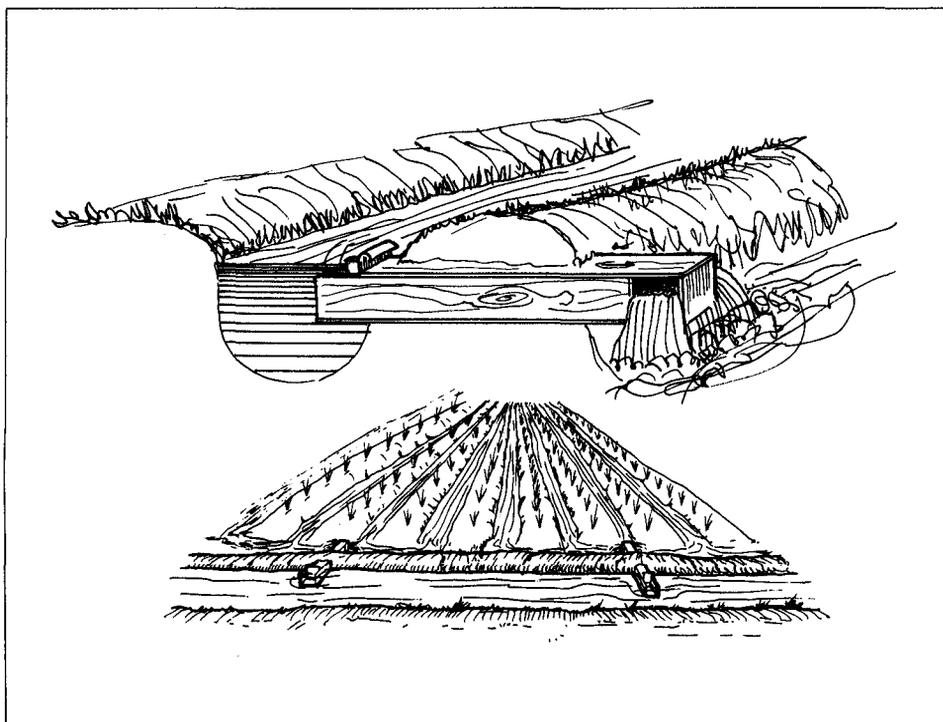


Figura 12. Esquema de cajas de derivación.

3.3.1.5 Regueras en contorno

Las regueras en contorno se recomiendan en terrenos ondulados o con pendientes que no pueden nivelarse fácilmente.

Las regueras se trazan siguiendo aproximadamente las curvas de nivel, pero siempre con una pendiente no mayor a 0,5%; el espaciamiento entre las regueras se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. *Espaciamiento recomendado para regueras en contorno de acuerdo a la pendiente del terreno.*

PENDIENTE %	ESPACIAMIENTO (m)
4 - 6	20
6 - 8	15
8 - 10	10

FUENTE: Valenzuela y Jara (1977)

El uso de las regueras en contorno tiene como ventaja adicional, que los canales sirven como desagües en el período de lluvias.

3.3.2 RIEGO POR SURCOS

En el riego por surcos el agua se deja correr por pequeños canales o surcos que se trazan entre las hileras del cultivo. El agua puede llegar hasta el sector a regar a través de una acequia, tubería a baja presión o una manga de riego; en los surcos el agua se infiltra en el en forma vertical y lateral como se muestra en la Figura 13.

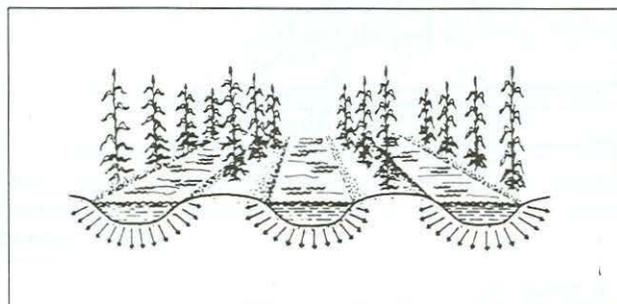


Figura 13.
Humedecimiento
del terreno
en riego por
surcos.

Como se ha señalado, el riego por surcos se adapta especialmente a cultivos sensibles a la humedad en el cuello y aquellos que se cultivan en línea. Para lograr una buena eficiencia del método, se requiere una preparación adecuada del terreno, que proporcione una pendiente uniforme a lo largo de los surcos, y personal capacitado.

El agua en el surco debe humedecer lo más uniformemente posible un volumen de suelo que abarque toda la longitud del surco, un ancho igual a la distancia entre dos surcos consecutivos y la profundidad exigida por las raíces. Se debe tener en cuenta que el proceso de infiltración es mayor en la cabecera del surco que al final de éste, lo que se explica por el mayor tiempo de riego en una y otra parte.

3.3.2.1 Diseño del riego por surcos

Al diseñar un sistema de riego por surcos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Tamaño del surco:** la sección transversal (Figura 14) del surco debe ser capaz de conducir el caudal necesario para regar. Los surcos estrechos y poco profundos admiten muy poco caudal, disminuyendo la eficiencia y uniformidad del riego. La forma más corriente de los surcos es una sección en "V" abierta con una profundidad variable; la sección original del surco está dada por la herramienta con que se tracen los surcos, a pesar que con los sucesivos riegos la forma tiende a ser una parábola. Se pueden trazar surcos de poca altura en suelos muy bien nivelados (Figura 14).

- **Distancia entre surcos:** la separación entre los surcos depende del suelo, el cultivo y la maquinaria agrícola. Ella debe asegurar que el movimiento lateral del agua entre dos surcos consecutivos moje la totalidad de la zona radicular de la planta. El movimiento horizontal y vertical del agua en el suelo depende básicamente de la textura de éste (Figura 15). Así, en suelos arenosos el agua penetra más en profundidad que lateralmente por lo que la separación entre surcos no debe exceder los 50 cm. En suelos de textura media y algunos trumaos hay una infiltración compensada en sentido horizontal y vertical, y los surcos pueden estar separados hasta 100 cm. En los suelos arcillosos el agua se mueve con más rapidez en sentido horizontal que vertical lo que permite una separación de los surcos de hasta 150 cm (Figura 15).

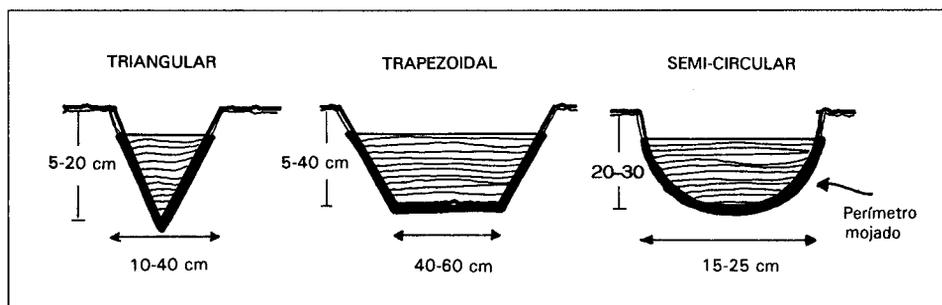


Figura 14. Formas y dimensiones de surcos de riego.

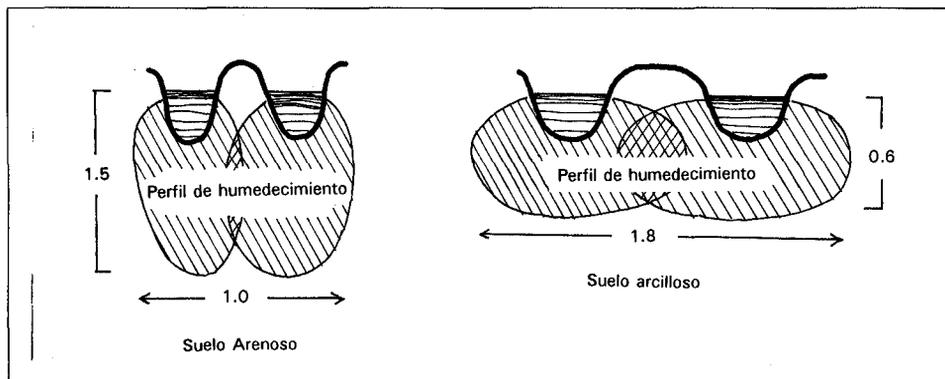


Figura 15. Perfil de humedecimiento de dos suelos regados por surcos.

La separación de los surcos debe considerar la distancia de siembra o plantación del cultivo, factor muy importante que influye en la distancia entre surcos. Así, en algunas hortalizas se puede regar varias líneas de siembra con un surco y en otros casos como en frutales se debe trazar más de un surco entre dos líneas de plantación.

En el caso de remolacha, que se siembra normalmente a 45 cm entre hileras, se hace difícil el trazado de surcos. Sin embargo, se puede utilizar la técnica de "hileras pareadas" que consiste en sembrar dos hileras a 30 cm de distancia (dependiendo de la posibilidad de ajustar la máquina sembradora) y luego una a 70 cm, de esta manera en 90 cm se tiene 3 hileras de siembra y se traza fácilmente el surco de riego en la entre-hilera ancha (Figura 16).

Otro aspecto que debe ser considerado son las labores que se realizarán en forma mecanizada y las características de la maquinaria utilizada, de manera de no entorpecer la operación de los equipos.

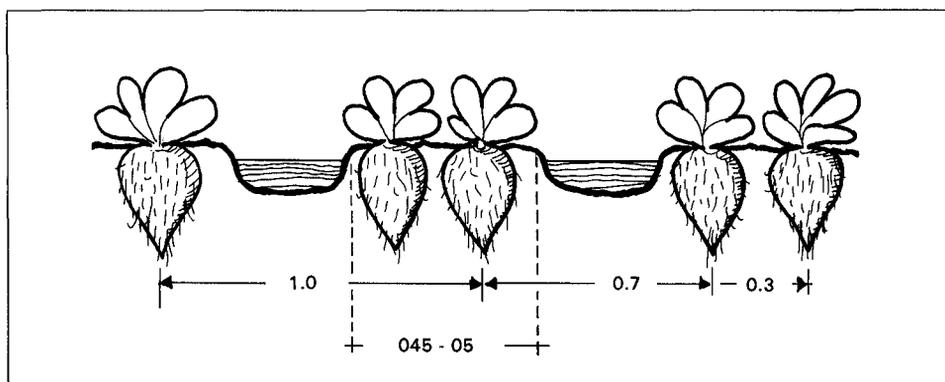


Figura 16. Hileras pareadas en remolacha.

Pendiente de los surcos: una buena uniformidad de riego se consigue cuando los surcos tienen una pendiente uniforme en toda su longitud. De lo contrario se originan zonas con falta de agua, otras con exceso y en zonas de mayor pendiente se puede provocar erosión del suelo. Al aumentar la pendiente aumenta la velocidad del agua y existe mayor riesgo de erosión, siendo más susceptibles a la erosión los suelos arenosos que los arcillosos. Las pendientes óptimas para los surcos rectos fluctúan entre 0,2 y 0,5%, pudiendo llegar hasta un 2% como máximo. Si el suelo tiene una pendiente mayor se deben hacer algunas modificaciones como surcos en curva de nivel o en contorno, etc.

Largo de surcos: para diseñar el largo de surcos se debe tener presente que los surcos más cortos aumentan las necesidades de mano de obra y costos de instalación, además se requiere mayor cantidad de acequias, se dificultan las labores mecanizadas y se aumenta la superficie improductiva.

En el riego por surcos se busca que la cantidad de agua infiltrada sea lo más uniforme posible en todo el largo de surco. Esto está influenciado por la textura del suelo. En los de textura arenosa, que son muy permeables, los surcos no pueden ser muy largos, ya que se producen grandes diferencias en el agua infiltrada entre el inicio y el final del surco; mientras que en suelos arcillosos, los surcos pueden ser de mayor longitud debido a su menor permeabilidad.

Las características de los cultivos también afectan el largo de los surcos. Los cultivos de arraigamiento profundo necesitan una mayor cantidad de agua, por lo que se pueden trazar surcos más largos.

En el Cuadro 9 se presentan los largos de surcos recomendados, considerando la pendiente de los surcos, la textura del suelo y la cantidad de agua a aplicar.

Caudal de riego: el caudal de riego se debe ajustar al largo y pendiente de los surcos y al tipo de suelo. Al inicio del riego el caudal de riego debe ser el máximo no erosivo, para que una vez que el agua llegue al final del surco se reduzca a la mitad y con este caudal se completa el tiempo de riego. De esta manera se reducen las pérdidas por escurrimiento al final del surco y la percolación profunda en la cabecera del mismo.

El caudal máximo no erosivo se ve en terreno una vez que se ha estabilizado el caudal aplicado al surco, observando que no haya arrastre de partículas en el fondo del surco. Si ocurre este fenómeno, el caudal es erosivo.

Cuadro 9. Longitud (m) y caudales máximos en surcos de riegos, según pendiente y textura del suelo.

Textura		Gruesa			Media			Fina		
S	Qmax	Lámina de agua a aplicar (cm)								
		5	10	15	5	10	15	5	10	15
0,25	2,50	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0,50	1,25	105	145	180	170	245	300	225	310	380
0,75	0,83	080	115	145	140	190	235	175	250	305
1,00	0,63	070	100	120	115	165	200	150	230	260
1,50	0,41	060	080	100	095	130	160	120	175	215
2,00	0,23	050	070	085	080	110	140	105	145	185
3,00	0,21	040	055	065	065	090	110	080	120	145
5,00	0,12	030	040	050	050	070	085	065	090	105

Fuente: Grassl, C. (1972)

S: Pendiente del terreno (%)

Qmax: Caudal máximo (lt/seg)

El caudal máximo no erosivo se puede estimar mediante la siguiente relación:

$$Q = 0,63/S$$

donde :

Q = caudal máximo no erosivo (lt/seg)

S = pendiente del surco (%).

3.3.2.2 Variación de los sistemas de riego por surcos

Surcos en contorno: en general, cuando la pendiente del suelo es mayor al 2%, los surcos se trazan siguiendo aproximadamente las curvas de nivel pero con una cierta pendiente, alrededor de 0,5%.

Surcos en zig-zag: se adapta a plantaciones frutales cuando el suelo tiene una velocidad de infiltración muy baja, de esta manera se aumenta el largo de los surcos lo que se traduce en un mayor tiempo de riego (Figura 17).

Surcos taqueados: este sistema se adapta a suelos con baja infiltración y cultivos plantados en líneas. Si hay un surco a cada lado de la línea de plantación se hacen tacos en el surco cada cierto trecho, conectándose ambos surcos.

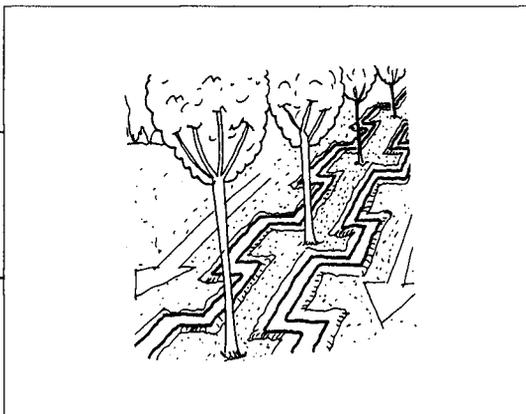


Foto 3. Surcos en contorno.



Foto 4. Surcos en zig-zag.

Figura 17.
Esquema de riego
por surcos
en zig-zag.



3.3.2.3 Abastecimiento de agua a los surcos

Alimentación directa: el agua llega directamente desde la acequia alimentadora a los surcos (Figura 18), en este caso no se puede regular el caudal.

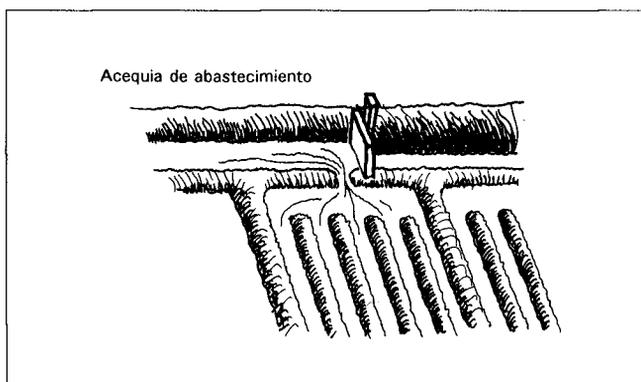
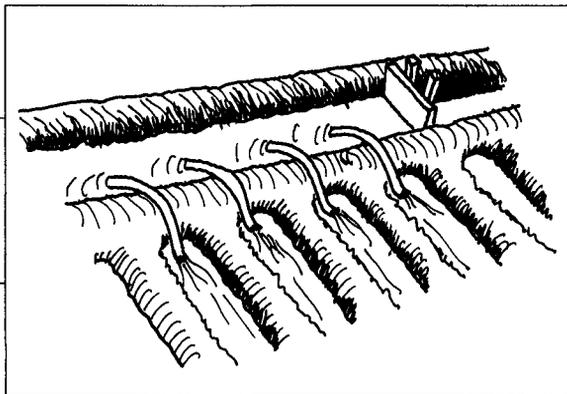


Figura 18.
Abastecimiento
directo de
agua a
los surcos.

Cajas de derivación: consiste en una caja enterrada en el borde del canal que permite abastecer de agua a los surcos, el caudal sólo se puede regular variando la altura del agua en el canal.

Sifones: son tubos curvados en diferentes formas y que permiten abastecer de agua los surcos sin romper los bordes o pretiles de los canales (Figura 19). El caudal de un sifón está dado por la diferencia de altura entre el nivel del agua en el canal y la salida del sifón (Figura 20). Como norma general, los sifones entregan un caudal de 1 lt/seg por pulgada de ancho por cada 10 cm de altura de agua.

Figura 19.
Entrega de agua
con sifones .



Con el uso de los sifones se puede regular fácilmente el caudal. Si se inicia el riego con cierta altura, cuando se quiere reducir el caudal, basta enterrar el sifón en el canal de manera que disminuya la altura entre el nivel del agua y la salida del sifón (Figura 20).

Otra forma fácil para regular el caudal es, por ejemplo, iniciar el riego con dos sifones y cuando el agua llega al final del surco se retira uno.

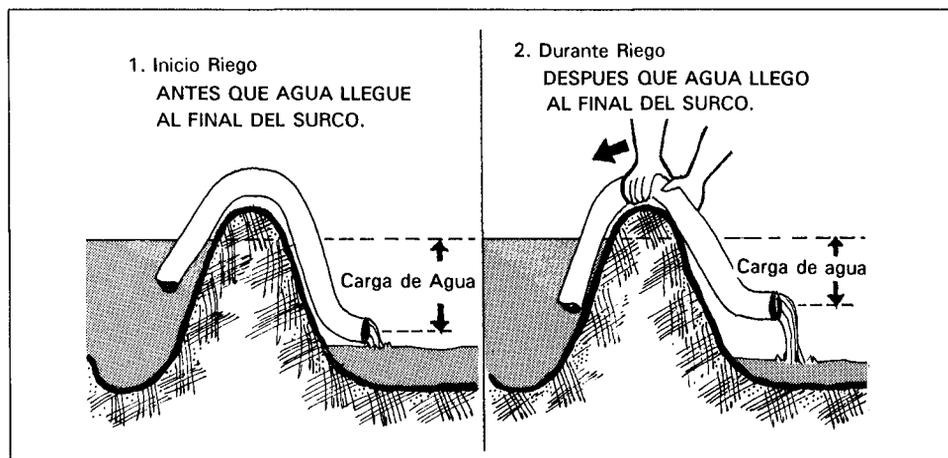


Figura 20. Regulación de caudales con sifones.

3.3.3 RIEGO POR ASPERSION

En este método el agua es aplicada en forma de lluvia. Esta se genera al salir a presión desde los aspersores. Se recomienda su uso cuando hay limitaciones topográficas o para el empleo de métodos gravitacionales o cuando hay escasez de agua o ésta se bombea. También, se puede emplear cuando se debe regar un cultivo recién sembrado, en que los métodos gravitacionales pueden producir erosión del suelo o daño al cultivo en sus primeras etapas de desarrollo. En general, se debe emplear en cultivos rentables que justifiquen los costos de inversión y operación del sistema.

3.3.3.1 Componentes del sistema

Las partes fundamentales de cualquier equipo de riego por aspersión son: unidad de bombeo, red de distribución, aspersores, válvulas y fittings (Figura 21).

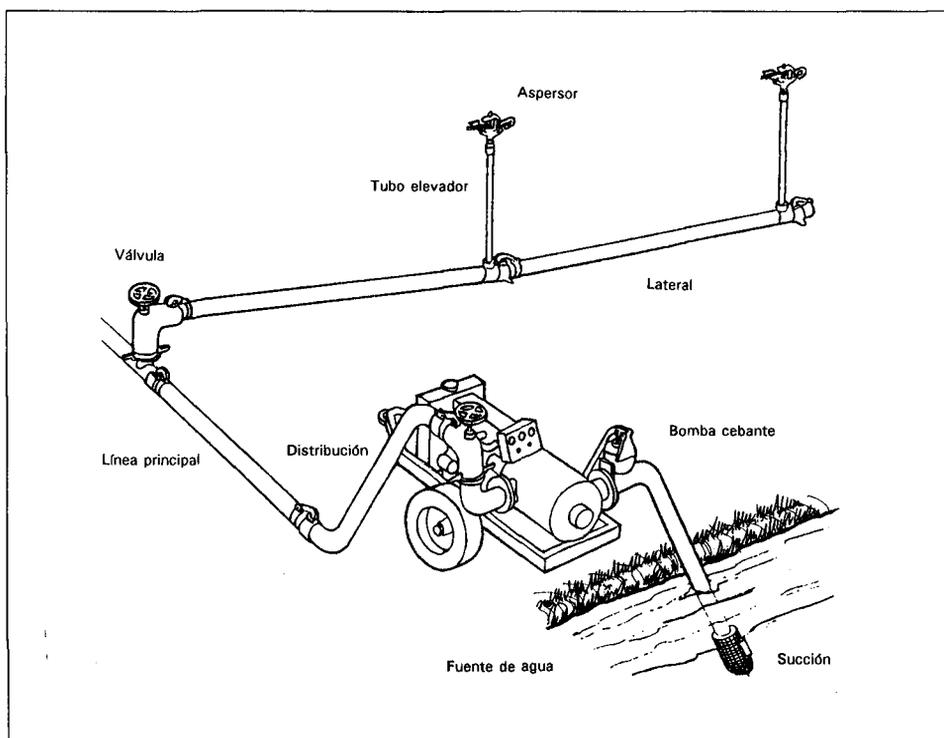


Figura 21. Esquema de las partes de equipos de aspersión.

- Unidad de bombeo: su principal función es impulsar el caudal necesario a la presión que requieren los aspersores para funcionar, más la presión para vencer la diferencia de altura entre la fuente de agua y el sector a regar, y las pérdidas de cargas en las tuberías y fittings (Figura 22).

- Red de distribución: generalmente está compuesta por tubería; las más usadas son las de aluminio, fierro galvanizado y PVC. Estos materiales tienen diferentes características hidráulicas que influyen en las pérdidas de carga (originadas por el roce o fricción entre el agua y la pared interior de la tubería). Las tuberías generalmente se fabrican en largos de 6 m, y los diámetros más frecuentes varían entre 2,5 a 6". Las tuberías se pueden clasificar entre principales, secundarias y laterales, las que varían en el diámetro y caudal que transportan.

En algunos equipos parte de la tubería, fundamentalmente la tubería de succión, puede ser flexible.

- Aspersores: el aspersor funciona con agua a presión que sale por boquillas rompiendo el chorro de agua en pequeñas gotas que una vez lanzadas al aire caen como lluvia sobre la superficie del suelo. Normalmente los aspersores tienen dos boquillas, una principal (de mayor diámetro) y una secundaria; ambas se caracterizan por el diámetro y el ángulo con el cual disparan el chorro de agua.

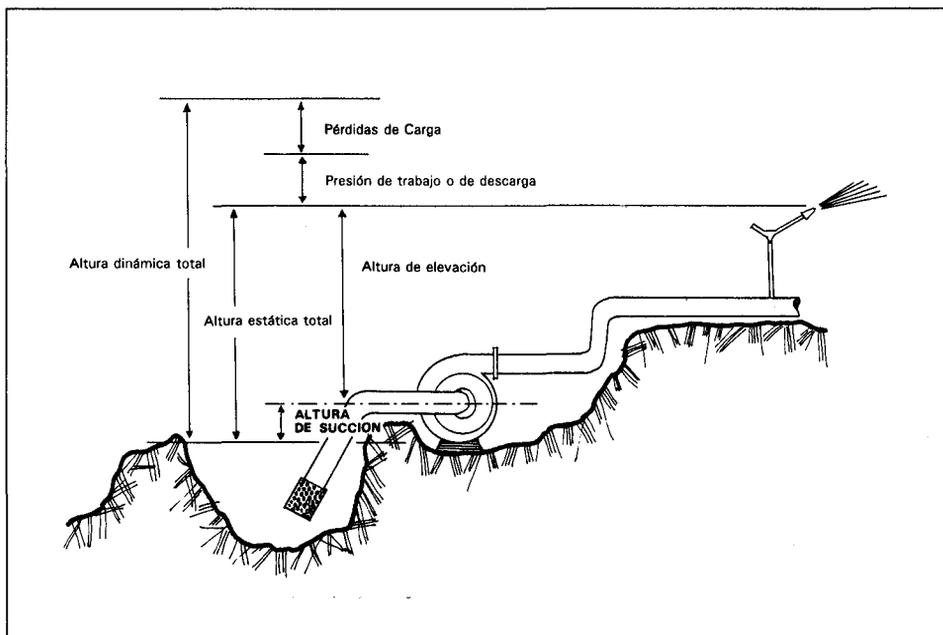


Figura 22. Descripción de los componentes de la presión requerida por el equipo de bombeo.

En algunos casos el aspersor no se puede instalar directamente sobre las tuberías y es necesario instalar un elevador que permita regular la altura del aspersor; éste normalmente gira sobre su eje.

Las características de los aspersores son indicadas en los catálogos que entregan los fabricantes y que deben ser consideradas en el diseño de los sistemas de riego. Estas son: presión de trabajo, diámetro y ángulo de las boquillas principal y secundaria, precipitación, caudal y diámetro o radio de mojadura.

Válvulas y fittings: de acuerdo al diseño particular del sistema se instalan diferentes tipos de válvulas que permiten regular presión, distribuir el agua por diferentes tuberías y como elementos de protección del sistema.

Los fittings son las piezas especiales que están destinadas a derivar, reducir los diámetros y acople de las tuberías de distribución.

3.3.3.2 Diseño del sistema

En el diseño del sistema de riego se debe considerar la lámina o altura de agua a aplicar, el tiempo de riego, el número de posiciones de riego, la intensidad de la precipitación, el caudal requerido, las características del equipo de bombeo, la fuente de energía y el espaciamiento entre laterales.

3.3.3.3 Manejo del sistema

El viento altera el patrón de mojamiento que produce cada aspersor en particular, por lo que se debe regar en las horas de menor viento y disminuir la distancia entre aspersores, de manera de aumentar el traslape del radio mojado por cada aspersor.

Además, se debe medir la presión de trabajo. Si ésta es mayor que la requerida se producirá un tamaño de gota muy fina, por el contrario presiones insuficientes producirán gotas más gruesas. Estas situaciones alteran las características de operación normal del equipo con las cuales se diseñó, lo que hace disminuir su eficiencia.

3.3.4 SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO

Estos sistemas deberían denominarse "riegos localizados de alta frecuencia", debido a las características de aplicar el agua en forma localizada, cerca del cultivo y en forma muy frecuente. Entre estos sistemas se incluyen el riego por goteo, microaspersión, cintas, etc. La idea de estos sistemas es entregar a la planta la cantidad de agua que va evaporándose diariamente.

La inversión requerida en estos sistemas es comparativamente mayor que los sistemas mencionados anteriormente, pudiendo superar los US\$ 3.000 por hectárea.

Sin embargo, los costos de operación se reducen debido a la automatización del sistema.

En los sistemas localizados de alta frecuencia, las características topográficas y del suelo no son limitantes, presentando ventajas en áreas con cantidades de agua restringida. Por la alta inversión inicial requerida, su empleo se restringe a cultivos de alta rentabilidad.

Los componentes básicos de un sistema de riego localizado son: cabezal de riego, red de distribución y emisores (Figura 23).

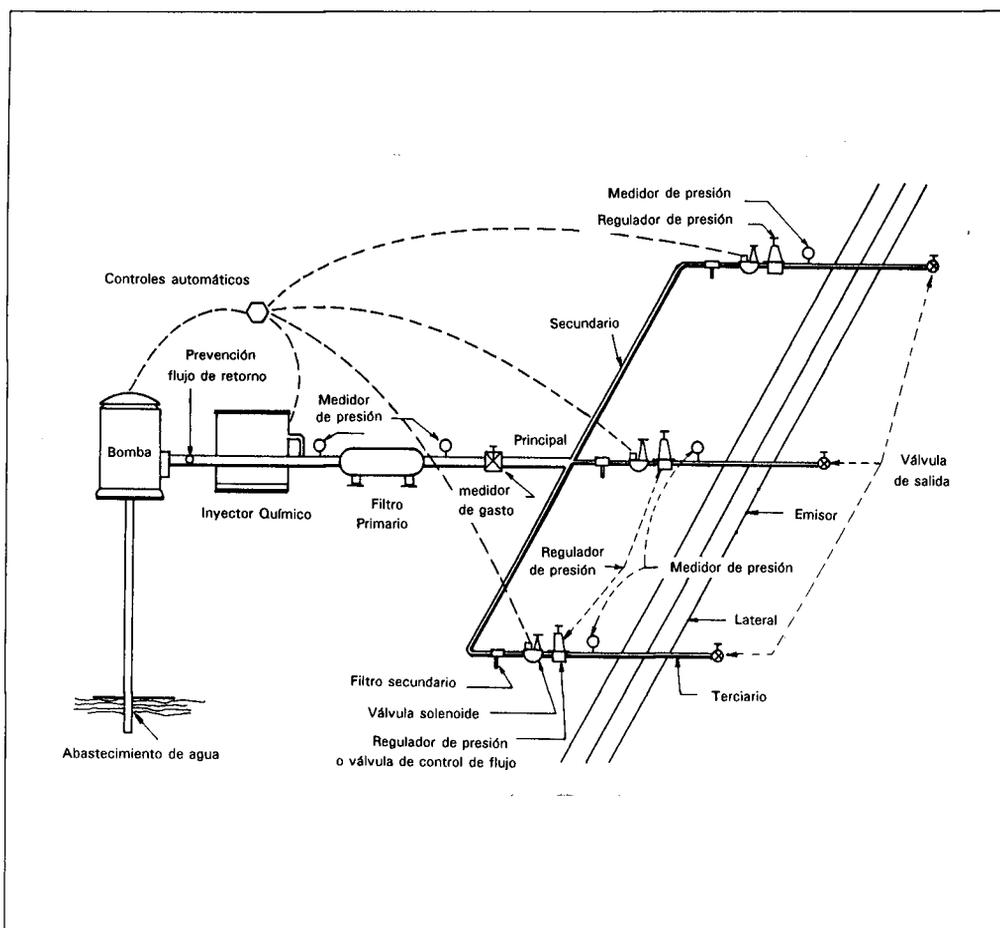


Figura 23. Descripción de sistema de riego localizado.

- **Cabezal de riego:** está formado por los equipos de bombeo, sistemas de filtrado, reguladores de presión y caudal, y los inyectores de fertilizante.

- **Red de distribución:** formado al igual que en el sistema por aspersión, por tuberías de diferente diámetro (tubería principal, secundaria, terciaria) las que cumplen el objetivo de distribuir el agua desde la fuente, hasta los puntos de entrega del agua.

- **Emisores:** son los dispositivos por los que el agua sale desde las tuberías terciarias hasta las plantas. Los emisores más utilizados son los goteros, microaspersores y cintas perforadas.

Los goteros son dispositivos que entregan pequeños caudales que fluctúan entre 2 a 12 lt/hr. Los más usados son autocompensados, que permiten un caudal constante entre un rango de presión, con lo cual se puede lograr una mayor uniformidad en el caudal entregado a las plantas cuando se implementan en terrenos ondulados.

Los microaspersores y microjet son dispositivos que entregan el agua, y se diferencian con los goteros por mojar una mayor área del suelo. El caudal que entregan varía entre 20 a 120 litros por hora.

Las cintas son mangueras con doble pared, que poseen pequeños orificios que permiten la salida del agua en forma de gota. Los orificios vienen hechos a distancias estándares y los caudales que entregan fluctúan entre 2 a 8 lt/hr por metro lineal. Con este tipo de emisor el sistema de filtrado debe ser muy eficiente, ya que es muy difícil detectar las obturaciones. Las cintas tienen una vida útil que varía entre dos a tres años.



**ANALISIS
DE
RENTABILIDAD
DEL RIEGO**

L

a incorporación del riego se hace con el fin de aumentar el beneficio económico y de disminuir los riesgos de producción, y como cualquier otra tecnología su adopción se realizará, cuando los ingresos generados superen a las inversiones y costos que demandan su aplicación.

En regiones áridas y semiáridas, donde la actividad agropecuaria no es posible de realizar sin contar con una infraestructura de riego que abastezca de agua a los cultivos, es fácil visualizar la necesidad de invertir en esta tecnología. Sin embargo, en áreas donde las precipitaciones son mayores y existen algunas alternativas de producción que no requieran riego, la decisión de invertir en esta tecnología se debe realizar en base a un análisis de rentabilidad.

Para evaluar la conveniencia de incorporar el riego en el sur de Chile, se ha realizado un análisis económico de las inversiones y costos de los métodos de riego más utilizados en la región y su rentabilidad en los cultivos estudiados como parte del Convenio INIA-CORFO.

4.1 Inversión y costos de métodos de riego

Para orientar a los agricultores que desean incorporar tecnología de riego, se calculó los niveles de inversión y costos de los principales métodos de riego que se utilizan en la región. Estos son: tendido, surco con sifones, aspersión móvil y dos alternativas de riego localizado, goteo y cintas.

El cálculo de la inversión y los costos se hizo manteniendo constante para todos los métodos los siguientes antecedentes:

- Superficie : 30 ha para tendido, surcos y aspersión.
15 ha para localizado.
- Suelo : Tipo trumao (representativo de la región).
- Requerimientos netos de agua : 5.000 m³/ha
- Número de riegos por temporada :
- 8 para tendido, surcos y aspersión.
 - 60 para localizado.

Para tendido, surcos y aspersión se consideró que el abastecimiento de agua se realiza desde un canal.

4.1.1 INVERSION

Las inversiones corresponden a la suma de los pagos realizados por los bienes y servicios requeridos para la implementación de un sistema de riego, para lo cual se consideraron las labores, materiales, equipos y servicios que se utilizan en cada método de riego analizado. El detalle de cada uno de ellos se encuentra indicado en el Anexo 5.

4.1.2 COSTOS

Los costos involucrados en la actividad de riego se pueden clasificar en costos fijos y costos variables.

4.1.2.1 Costos fijos

Los costos fijos son aquellos producidos independientemente del tiempo de uso que tenga el equipo o la infraestructura de riego, o del nivel de producción.

Los ítems más relevantes del costo fijo son: depreciación del equipo e infraestructura, interés al capital fijo, cuotas de la asociación de canalistas y asesoría técnica.

La depreciación es la pérdida de valor de un bien por uso u obsolescencia. Lo más práctico para su cálculo es usar la depreciación lineal, o sea, que el bien se deprecie en igual valor cada año, hasta el término de su vida útil. Este no es un desembolso que el productor deba hacer, es más bien un costo imputado que refleja la pérdida de valor de mercado del bien.

En el Cuadro 10 se presenta la vida útil estimada para los equipos y elementos de riego más utilizados.

Cuadro 10. Vida útil (años) de diferentes elementos de riego.

ITEM	VIDA UTIL (AÑOS)
Motobomba	20
Tuberías y elementos PVC	18
Tuberías y elementos de plansa	20
Sifones de riego	10
Emisores	08
Filtro arena	15
Filtro malla	05
Dosificador	08
Válvulas localizado, fittings	10
Aspersores	10
Accesorios de riego por aspersión	10

La depreciación en este caso se determinó por el método lineal, considerando para ello vida útil de los equipos y materiales, indicada en el Cuadro 10.

El interés al capital fijo refleja el costo alternativo del capital invertido, ya que existen otras posibilidades donde pueda invertirse y obtener beneficios. En este análisis se consideró un 12% de interés.

Las cuotas de la Asociación de Canalistas son canceladas en forma proporcional al caudal que recibe el predio y son cobradas por conceptos de administración, mantención, reparación del canal, etc. En este estudio se utilizó un valor promedio de las cuotas de las asociaciones de regantes de los canales Allipén y Chufquén.

La asesoría técnica corresponde al asesoramiento directo en esta práctica y es independiente de la superficie que se riega.

4.1.2.2 Costos variables

Son aquellos que se relacionan directamente con el nivel de actividad del negocio, esto es, en la medida que aumenta el nivel de actividad, aumentan los recursos involucrados. Los ítems del costo variable más relevante en riego son la mano de obra, energía, reparaciones del equipo e infraestructura, e interés del capital de operación.

En este estudio se utilizó un costo de mano de obra de \$ 2.200/JH. El tiempo requerido en el riego de cada sistema es indicado en el Anexo 4.

Para el cálculo del costo de la energía se determinó que el consumo de combustible de motores de combustión interna, varía entre 0,17 a 0,25 lt/Hp y el consumo de aceites y lubricantes, es del 15% del consumo de combustible. El combustible diesel fue valorado en \$ 180/lt.

Para el cálculo de costo de energía de los motores eléctricos, se determinó que el consumo es de 0,746 kw/hr por cada Hp de la bomba. El costo del kilowatt hora fue valorado en \$15.

El interés sobre el capital de operación corresponde al tiempo de uso del capital. El período de riego puede iniciarse en octubre y terminar en enero, mes de cosecha. En este caso, el capital de operación se usa por cuatro meses, ya que con el ingreso por la venta del producto, se "paga" el dinero tomado en préstamo de una institución financiera o de la misma empresa. Es decir, el interés al capital de operación refleja el costo alternativo del uso de este recurso.

Se estimó que las reparaciones de los sistemas de riego alcanzaban al 5% del total de costos variables.

En el Cuadro 11 se presenta un resumen de la inversión y costos de los métodos de riego analizados. El análisis detallado para cada uno de ellos se encuentra en el Anexo 4.

FE DE ERRATAS

El Cuadro 11 en la página 68 debe ser sustituido por el siguiente:

Cuadro 11. *Inversión y costos de método de riego utilizados en el sur de Chile.*

		METODO DE RIEGO					
		TENDIDO	SURCOS	ASPERSION T. PVC	ASPERSION T. ALUMINIO	GOTEO	CINTA
Inversión	\$/ha	136.000	167.608	271.887	462.078	1.145.154	666.110
	US\$/ha	340	412	679	1.155	2.863	1.665
Costos							
fijo	\$/ha	21.945	23.543	45.191	67.489	185.722	114.523
operación	\$/ha	59.000	34.780	116.980	116.980	111.523	111.523
total	\$/ha	80.945	58.323	162.171	184.468	297.245	226.421
	US\$/ha	202	145	405	461	743	566

Fuente: Elaborado en base a antecedentes Convenio INIA - CORFO

4.2 Análisis de rentabilidad

Para determinar la rentabilidad de una inversión en riego, se debe conocer del rendimiento con y sin riego (Cuadro 5), de forma de medir el ingreso incremental (ingreso marginal) proyectando los ingresos y costos durante la vida útil del proyecto.

Los ingresos del proyecto corresponden al incremento del rendimiento del cultivo (rendimiento marginal) por su valor de mercado.

Los egresos del proyecto están constituidos por la inversión y los costos del sistema de riego y el incremento de costo en el manejo del cultivo (costo marginal).

Los rendimientos con y sin riego utilizados en este análisis son los obtenidos de las investigaciones del convenio INIA-CORFO.

4.2.1 CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS

En general los proyectos de riego se evalúan aplicando el criterio de la evaluación privada. Para evaluar la factibilidad económica de un proyecto se utilizan los siguientes indicadores.

4.2.1.1 Valor actual de beneficios netos (VAN)

Es el valor actualizado del flujo de ingresos netos generados por el proyecto, descontados a la tasa de interés pertinente para el inversionista.

Una vez determinados los flujos netos esperados, el VAN se calcula de acuerdo a la siguiente expresión :

$$VAN = \sum \frac{BNI}{(1 + r)^t}$$

donde BNI = Beneficio neto al término del año i
r = Tasa de descuento exigida al proyecto

La regla establece que el proyecto es factible de realizar si el VAN es mayor que cero.

4.2.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, lo que matemáticamente corresponde a la siguiente expresión:

$$VAN = 0 = \sum \frac{BNI}{(1+r)^t}$$

donde r = Tasa interna de retorno

La inversión es "rentable", si la TIR es mayor que la tasa de interés pertinente para el inversionista (por ejemplo, el interés generado por otro negocio posible de realizar).

Además de estos indicadores existe la relación beneficio/costo, período de recuperación del capital, etc.

En el Cuadro 12 se presentan el VAN y la TIR para los métodos de riego y cultivos en estudio.

Que un proyecto tenga una TIR igual a 20%, significa que es económicamente factible de realizar si la tasa de interés pertinente para el inversionista es menor al 20%. Si la tasa de interés pertinente fuese menor al 20%, implica que el VAN del proyecto es mayor que cero, por lo que su realización sería económicamente conveniente.

De igual manera, que el VAN (al 20%) sea igual a US\$ 1.000, implica que el proyecto de riego generará US\$ 1.000 más que si el mismo monto de dinero fuese invertido en otro proyecto de riesgo similar, que rinda un 20% anual.

4.3 Niveles de inversión máxima en riego

Un antecedente interesante de conocer, es la inversión máxima rentable que se puede realizar en riego, para un cultivo determinado. Esto debido a que las inversiones realizadas en los métodos de riego, presentan variaciones entre los predios debido a características de cada uno de ellos, como distancia a la fuente de agua, requerimientos de energía, topografía, superficie que se incorporará al riego, etc.

Para determinar el nivel de inversión máxima rentable, para cada cultivo y área agroclimática, se utilizaron los costos totales de los métodos de riego indicados en el Cuadro 8. Se consideró que la inversión era rentable, cuando se obtenía una tasa interna de retorno (TIR) de un 20%.

En el Cuadro 13 se presentan los valores de inversión máxima en métodos de riego y cultivos estudiados.

Cuadro 12. Evaluación de la rentabilidad de métodos de riego de la IX Región.

CULTIVO	METODO DE RIEGO	ANGOL		CARILLANCA		LONCOCHE		VILCUN	
		TIR %	VAN US\$	TIR %	VAN US\$	TIR %	VAN US\$	TIR %	VAN US\$
Arándano	Gravitacional	40,6	31.585	35,8	23.942	35,6	23.644	*	*
	Aspersión PVC	39,5	30.356	34,7	22.727	34,5	22.424	*	*
	Asp. Aluminio	38,5	29.336	33,8	21.692	33,6	21.394	*	*
	Goteo	36,0	27.028	31,6	19.384	31,4	19.087	*	*
	Cinta	38,1	29.201	33,5	21.557	33,3	21.259	*	*
Espárrago	Gravitacional	23,3	1.964	17,1	-1.203	13,1	-2.599	6,1	-4.222
	Aspersión PVC	20,7	1.148	14,4	-2.423	10,2	-3.819	3,8	-5.037
	Asp. Aluminio	18,6	686	12,3	-3.452	8,1	-4.848	2,2	-5.499
	Goteo	14,7	417	8,7	-5.760	4,4	-7.156	1,2	-5.769
	Cinta	18,4	1.160	12,4	-3.587	8,3	-4.983	3,9	-5.026
Frambueso	Gravitacional	46,2	7.310	31,4	2.912	24,4	1.086	9,9	-2.490
	Aspersión PVC	41,5	6.212	26,9	1.813	19,9	- 12	5,5	-3.588
	Asp. Aluminio	37,5	5.279	23,2	881	16,4	- 949	2,1	-4.521
	Goteo	29,1	3.171	16,1	-1.227	9,9	-3.052	-3,8	-6.629
	Cinta	36,1	5.144	22,6	746	16,1	-1.079	2,7	-4.656
Pradera	Gravitacional	75,4	2.653	60,1	1.889	40,7	945	7,5	- 485
	Aspersión PVC	47,8	1.641	35,3	878	18,7	- 65	- 32,8	-1.497
	Asp. Aluminio	31,3	1.155	20,9	70	6,3	- 874	-100,0	-2.305
Remolacha	Gravitacional	192,4	2.265	192,4	2.265	137,0	1.531	9,7	- 111
	Aspersión PVC	68,8	1.255	68,8	1.255	40,8	520	-100,0	-1.121
	Asp. Aluminio	30,7	446	30,7	446	12,3	- 287	-100,0	-1.930

* : Cultivo no adaptado en área agroecológica.

De la información presentada en el Cuadro 13, se puede concluir que, independiente de los cultivos analizados en las áreas agroclimáticas Angol y Carillanca, se pueden realizar inversiones de mayor monto en equipos e infraestructura de riego. En las áreas agroclimáticas Loncoche y Vilcún, las inversiones en riego deberían ser evaluadas cuidadosamente, ya que la mayor producción de los cultivos no siempre se traduce en un mayor resultado económico del rubro.

De los cultivos bajo análisis, el arándano es el que soporta mayor monto de inversión por unidad de superficie, especialmente en el área agroclimática de Angol, existiendo escasa diferencia entre los métodos de riego. Sin embargo, el arándano aún se encuentra en una fase de precios decrecientes en el mercado internacional, por lo que el nivel de inversión máximo podría ser menor que los valores obtenidos bajo las condiciones del estudio.

Cuadro 13. Inversión máxima rentable* en métodos de riego en la IX Región (US\$/ha).

CULTIVO	METODO	AGROCLIMAS			
		ANGOL	CARILLANCA	LONGOCHE	VILCUN
Arándano	Gravitacional	26.800	20.400	20.000	*
	Asp. PVC	26.100	19.700	19.400	
	Asp. aluminio	25.700	19.200	19.000	
	Goteo	25.500	19.000	18.800	
	Cinta	26.100	19.700	19.400	
Espárrago	Gravitacional	1.600	N.R.	N.R.	N.R.
	Asp. PVC	950	N.R.	N.R.	N.R.
	Asp. aluminio	550	N.R.	N.R.	N.R.
	Goteo	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
	Cinta	950	N.R.	N.R.	N.R.
Frambueso	Gravitacional	7.000	3.000	1.300	N.R.
	Asp. PVC	6.300	2.300	N.R.	N.R.
	Asp. aluminio	5.900	1.900	N.R.	N.R.
	Goteo	5.750	N.R.	N.R.	N.R.
	Cinta	6.300	2.300	N.R.	N.R.
Pradera	Gravitacional	3.500	2.600	1.467	N.R.
	Asp. PVC	2.650	1.700	N.R.	N.R.
	Asp. aluminio	2.150	500	N.R.	N.R.
Remolacha	Gravitacional	3.000	3.000	2.100	N.R.
	Asp. PVC	2.100	2.100	1.300	N.R.
	Asp. aluminio	1.700	1.700	N.R.	N.R.

* : Inversiones que generan una TIR de 20%.

N.R. : Inversión en riego no rentable.

El frambueso es otro cultivo que soporta altos montos de inversión en riego en las áreas agroclimáticas de Angol y Carillanca, pero no así en los agroclimas Loncoche y Vilcún, donde, bajo las condiciones del estudio, no sería rentable implementar riego en este cultivo, a excepción del método de riego gravitacional; bajo las actuales condiciones de mercado, la inversión en riego en el cultivo del espárrago, sólo se justifica en el área agroclimática de Angol, mediante sistemas gravitacionales o aspersión móvil, utilizando tubería de PVC.

En praderas, la implementación del riego sería factible desde el punto de vista económico en las áreas de Angol y Carillanca, y en el área de Loncoche sólo mediante sistemas gravitacionales. Sin embargo, para el área de Carillanca, la implementación de aspersión móvil utilizando tubería de aluminio tendría escasa posibilidad, ya que el valor de su implementación, generalmente sobrepasa los 500 US\$/ha.

La implementación del riego en remolacha, se justifica en las áreas Angol, Carillanca y Loncoche, presentando limitaciones económicas sólo el sistema de aspersión móvil con tubería de aluminio, en esta última área.

De la información analizada se concluye que el riego es económicamente factible de implementar, en una amplia área de la región, y en cultivos que ocupan un alto porcentaje de las áreas posibles de regar.

La selección del método o sistema de riego a utilizar, considerando aspectos técnicos y económicos, es importante para mejorar la rentabilidad de los cultivos, sin embargo, para que esto se materialice es necesario manejar en forma adecuada estos sistemas.

Con el fin de obtener un uso eficiente de los sistemas de riego, en este capítulo se presentan los aspectos agronómicos del riego, tales como estimación de los requerimientos, manejo y extracción de agua, en los cultivos estudiados por el Convenio INIA-CORFO.

5.1 Estimación de los requerimientos de riego

Para estimar el volumen de agua que requiere un predio, su frecuencia, cantidad de riegos y su planificación, es fundamental determinar el agua que consumen los cultivos. La forma práctica para hacerlo, es mediante el método de la bandeja de evaporación.

5.1.1 USO DEL METODO DE LA BANDEJA DE EVAPORACION CLASE A

El método de la bandeja de evaporación mide el agua que se evapora desde una superficie de agua libre, y el consumo de los cultivos se estima aplicando un factor o coeficiente de cultivo (K_c) a la cantidad de agua evaporada por la bandeja.

La fórmula matemática que expresa la relación que existe entre la evaporación de bandeja y la evapotranspiración es la siguiente:

$$ETc = Evb \cdot Kc$$

donde:

- Kc = Coeficiente de cultivo
 ETc = Evapotranspiración del cultivo
 EvB = Evaporación de bandeja

La evaporación de bandeja es un antecedente climático, que se determina mediante la medición del agua que se evapora desde un recipiente que ha sido reglamentado (Figura 4). En el Cuadro 1 se indican estos antecedentes para cada área agroclimática.

El Coeficiente de cultivo (Kc) es un valor que relaciona la evaporación de bandeja con la evapotranspiración del cultivo, es decir con el agua que la planta ha ocupado en su desarrollo. Este es determinado para cada cultivo y varía según el desarrollo y estado de éste.

La ventaja de este método, radica en que incorpora todos los factores climáticos que influyen en la evapotranspiración o consumo de agua de los cultivos, ya que la bandeja está influenciada por los mismos fenómenos que la planta. Por ser una metodología económica y de fácil manejo se encuentra disponible en las estaciones meteorológicas y muchos agricultores la utilizan en sus predios para programar el riego.

En el Cuadro 14 se muestra el coeficiente de cultivo por mes para las especies regadas más importantes de la región.

Cuadro 14. Coeficiente de cultivo (Kc) para los principales cultivos regados de la zona sur.

CULTIVO	COEFICIENTE DE CULTIVO (kc)					
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Arándano 1er año*	0.11	0.23	0.31	0.34	0.33	0.28
Arándano 2º año*	0.14	0.32	0.42	0.45	0.42	0.33
Arándano 3er año*	0.21	0.35	0.45	0.49	0.49	0.36
Espárrago*	0.40	0.48	0.50	0.80	0.82	0.70
Frambueso*	0.45	0.51	0.55	0.69	0.75	0.61
Pradera*	0.79	0.82	0.91	0.95	0.92	0.81
Remolacha*	0.25	0.39	0.79	0.79	0.80	0.72
Trigo primavera	0.75	0.90	0.30	----	----	----
Maíz	----	0.25	0.53	0.81	0.81	0.61
Poroto	0.39	0.84	0.77	0.49	----	----
Papa	0.25	0.41	0.70	0.77	0.74	0.59

Fuente: Base de Datos, Programa Riego y Drenaje. INIA

*Elaborado en base a los antecedentes Convenio INIA-CORFO

5.1.2 CONSUMO DE AGUA DE LOS CULTIVOS

Como ejemplo de lo indicado anteriormente, se calculará la evapotranspiración (ETc) de la remolacha en el mes de enero, en el área agroclimática de Carillanca.

El coeficiente de cultivo (Kc) es de 0,79 (Cuadro 14) y la evaporación de bandeja (EvB) en el agroclima Carillanca es de 161,3 mm/mes (Cuadro 1).

Esto significa que la remolacha evapotranspira sólo el 79% del agua que evapora la bandeja, y se calcula de igual forma, es decir, el 79 % de 161,3 mm/mes

Aplicando la fórmula:

$$ETc = Evb \times Kc = 161,3 \text{ mm/mes} \times 0,79 = 127,42 \text{ mm/mes}$$

Entonces la remolacha consume o evapotranspira 127,42 mm en el mes de enero en el área agroclimática de Carillanca.

La evapotranspiración y la lluvia se expresan generalmente en milímetros (un milímetro equivale a 10 metros cúbicos por hectárea), de modo que la información sea útil independiente de la superficie que se trate.

5.1.3 REQUERIMIENTOS DE RIEGO DE LOS CULTIVOS EN LA IX REGION

En el Cuadro 15 se presenta la evapotranspiración total de diferentes cultivos de la región, tomando en cuenta los antecedentes de evaporación de bandeja de las áreas agroclimáticas de la región.

Estos requerimientos de agua pueden ser suplidos a través del agua de lluvia o a través del riego.

Para determinar los requerimientos netos de riego, es necesario conocer la cantidad de agua aportada por la lluvia y que queda a disposición de los cultivos.

Del total de agua precipitada, una parte se pierde por escurrimiento superficial, otra es interceptada por el follaje de las plantas de donde se evapora, y un porcentaje se infiltra quedando a disposición de los cultivos. A esta fracción de la lluvia se le denomina precipitación efectiva.

Una estimación de la precipitación efectiva para los diferentes agroclimas de la región se presenta en el Cuadro 16.

Cuadro 15. Evapotranspiración de los cultivos de la IX Región (m³/ha).

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	TOTAL
Agroclima Angol							
Arándano 1 año	90,2	225,4	393,7	646,7	517,4	342,7	2216,1
Arándano 2° año	114,8	313,6	533,4	855,9	658,6	403,9	2880,2
Arándano 3 año	172,2	343,0	571,5	932,0	768,3	440,6	3227,6
Espárrago	328,0	470,4	635,0	1521,6	1285,8	856,8	5097,6
Frambueso	369,0	499,8	698,5	1312,4	1176,0	746,6	4802,3
Pradera	647,8	803,6	1155,7	1806,9	1442,6	991,4	6848,0
Remolacha	205,0	382,2	1003,3	1502,6	1254,4	881,3	5228,7
Trigo prim.	615,0	882,0	381,0	0,0	0,0	0,0	1878,0
Maíz	0,0	245,0	673,1	1540,6	1270,1	746,6	4475,4
Poroto	319,8	823,2	977,9	932,0	0,0	0,0	3052,9
Papa	205,0	401,8	889,0	1464,5	1160,3	722,2	4842,8
Agroclima Carillanca							
Arándano 1 año	93,6	262,0	479,6	581,4	438,9	273,6	2129,0
Arándano 2 año	119,1	364,5	649,7	769,5	558,6	322,4	2783,9
Arándano 3 año	178,7	398,6	696,1	837,9	651,7	351,7	3114,8
Espárrago	340,4	546,7	773,5	1368,0	1090,6	683,9	4803,1
Frambueso	382,9	580,9	850,9	1180,0	997,5	595,9	4588,1
Pradera	672,3	934,0	1407,8	1624,5	1223,6	791,4	6653,5
Remolacha	212,7	444,2	1222,1	1350,9	1064,0	703,4	4997,4
Trigo primavera	638,2	1025,1	464,1	0,0	0,0	0,0	2127,4
Maíz	0,0	284,7	819,9	1385,1	1077,3	596,0	4163,0
Poroto	331,0	956,8	1191,2	837,9	0,0	0,0	3317,7
Papa	212,7	467,0	1082,9	1316,7	984,2	576,4	4640,0
Agroclima Loncoche							
Arándano 1 año	96,8	273,7	375,1	629,0	534,6	366,8	2276,0
Arándano 2° año	123,2	380,8	508,2	832,5	680,4	432,3	2957,4
Arándano 3 año	184,8	416,5	544,5	906,5	793,8	471,6	3317,7
Espárrago	352,0	571,2	605,0	1480,0	1328,4	917,0	5253,6
Frambueso	396,0	606,9	665,5	1276,5	1215,0	799,1	4959,0
Pradera	695,2	675,8	1101,1	1757,5	1490,4	1061,1	7081,1
Remolacha	210,0	464,1	955,9	1461,5	1296,0	943,2	5340,7
Trigo primavera	660,0	1071,0	363,0	0,0	0,0	0,0	2094,0
Maíz	0,0	297,5	641,3	1498,5	1312,2	799,1	4548,6
Poroto	343,2	999,6	931,7	906,5	0,0	0,0	3181,0
Papa	220,0	487,9	847,0	1424,5	1198,8	772,9	4951,1
Agroclima Vilcún							
Espárrago	208,0	360,0	365,0	936,0	934,8	756,0	3559,8
Frambueso	234,0	382,5	401,5	807,3	855,0	658,8	3339,1
Pradera	410,8	615,3	664,3	1111,5	1048,8	874,8	4725,2
Remolacha	130,0	292,5	576,7	924,3	912,0	777,6	3613,1
Papa	130,0	307,5	511,0	900,9	843,6	637,2	3330,2

Fuente: Elaborado en base antecedentes del Convenio INIA-CORFO

Los requerimientos netos de riego son las necesidades de agua del cultivo, descontado el aporte de la lluvia, es decir, es el agua que la planta debe recibir a través del riego para satisfacer sus necesidades, y se exponen en el Cuadro 17.

La necesidad neta de riego es, la cantidad de agua que el cultivo requiere y ocupa en forma efectiva en su desarrollo. No toda el agua aplicada a través de los métodos de riego queda a disposición del cultivo, por lo tanto, se deben agregar las pérdidas por ineficiencias del sistema de riego, para así determinar la cantidad total de agua necesaria para el cultivo.

En el Cuadro 18 se presentan los valores de eficiencia de los métodos de riego más utilizados en la región.

Cuadro 16. Precipitación efectiva (mm) en áreas agroclimáticas de la IX Región.

AGROCLIMA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	TOTAL
Angol	34.30	13.60	8.40	11.40	5.80	15.60	89.10
Carillanca	33.04	21.48	39.18	23.40	19.32	18.88	155.26
Loncoche	50.32	45.32	57.06	25.38	45.30	34.44	257.82
Vilcún	51.72	75.20	28.08	25.00	40.56	51.52	272.08

Otra forma de expresar los requerimientos de los cultivos es a través del caudal continuo.

El caudal continuo es un concepto que considera que la aplicación del riego se realiza durante las 24 horas del día, y se determina dividiendo el volumen de agua que se requiere por las horas del día.

Los requerimientos de riego de la superficie plantada no pueden ser mayores a la disponibilidad de agua en el mes más crítico, es decir, el mes que el cultivo presenta los mayores requerimientos de riego.

Cuadro 17. Necesidades netas de riego de los cultivos regados de la IX Región (m³/ha).

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Agroclima Angol						
Arándano 1er año	0,0	89,4	309,7	532,7	459,4	186,7
Arándano 2° año	0,0	177,6	449,4	741,9	600,6	247,9
Arándano 3er año	0,0	207,0	487,5	818,0	710,3	284,6
Espárrago	0,0	334,4	551,0	1407,6	1227,8	700,8
Frambuesa	26,0	363,8	614,5	1198,4	1118,0	590,6
Pradera	304,8	667,6	1071,7	1692,9	1384,6	835,4
Remolacha	0,0	246,2	919,3	1388,6	1196,4	725,3
Trigo primavera	272,0	746,0	297,0	---	---	---
Maíz	---	109,0	589,1	1426,6	1212,1	590,6
Poroto	0,0	687,2	893,9	818,0	---	---
Papa	0,0	265,8	805,0	1350,5	1102,3	566,2
Agroclima Carillanca						
Arándano 1er año	0,0	47,2	87,8	347,4	245,7	85,2
Arándano 2° año	0,0	8,0	0,0	1227,2	875,4	572,6
Frambuesa	0,0	153,7	94,9	1022,7	762,0	454,7
Pradera	192,0	522,6	530,5	1503,7	1037,4	716,7
Remolacha	0,0	10,9	385,3	1207,7	843,0	598,8
Trigo primavera	156,8	617,8	0,0	---	---	---
Maíz	---	297,5	70,7	1244,7	859,2	454,7
Poroto	0,0	0,0	361,1	652,7	---	---
Papa	0,0	34,7	276,4	1170,7	745,8	428,5
Agroclima Vilcún						
Espárrago	0,0	0,0	84,2	686,0	529,2	240,8
Frambuesa	0,0	0,0	120,7	557,3	449,4	143,6
Pradera	0,0	0,0	383,5	861,5	643,2	359,6
Remolacha	0,0	0,0	295,9	674,3	506,4	262,4
Papa	0,0	0,0	230,2	650,9	438,0	122,0

Fuente: Elaborado en base antecedentes convenio INIA-CORFO

Cuadro 18. Eficiencia de los métodos de riego.

MÉTODOS DE RIEGO	EFICIENCIA
Tendido	30
Surcos	45
Bordes en contorno	50
Bordes rectos	60
Californiano	65
Aspersión	75
Goteo	90

Fuente: 1991 Comisión Nacional de Riego.

En el Cuadro 19 se presenta el caudal continuo para el mes de máxima demanda, de los cultivos regados de la región. Por ejemplo, el caudal continuo necesario para regar frambueso por surcos en Angol, en el mes de máxima demanda, es de 0,99 lt/seg/ha. Las diferencias en los caudales requeridos entre los métodos de riego se debe a la eficiencia de aplicación del agua de riego (Cuadro 18), que varía entre ellos.

El caudal continuo considera que la aplicación del riego se realiza en 24 horas, lo que no corresponde a la realidad. Para determinar el caudal de riego real se divide 24 (horas del día) por el número de horas que se riega diariamente y el factor obtenido se multiplica por el caudal continuo.

Por ejemplo, el caudal real en frambueso regado por surcos 16 horas diarias, en el área agroclimática de Angol, es de:

$$\begin{aligned} \text{Caudal real} &= \frac{24}{\text{hrs riego diaria}} \times \text{caudal continuo} \\ &= \frac{24}{16} \times 0,99 = 1,485 \text{ lt/seg/ha} \end{aligned}$$

Utilizando los datos del ejemplo anterior, determinaremos la superficie que se puede plantar con frambueso si se dispone de un caudal de 15 lt/seg, y que serán regados por surco en el área agroclimática de Angol.

La superficie la determinamos dividiendo el caudal disponible (15 lt/seg/ha) por el caudal real requerido por el cultivo (1.485 lt/seg/ha).

$$\text{Superficie a plantar} = \frac{Q \text{ disponible}}{Q \text{ requerido por ha}} = \frac{15}{1,485} = 10,1 \text{ ha}$$

Q= Caudal (lt/seg)

Con 15 lt/seg en el área agroclimática de Angol es posible regar por surco 10,1 ha de frambueso.

Cuadro 19. Caudal continuo en el mes de máxima demanda (lt/seg/ha) de los cultivos regados de la IX Región.

	EFICIENCIA METODO DE RIEGO					
	TENDIDO (30%)	SURCOS (45%)	BORDES (50%)	CALIFORNIANO (65%)	ASPERSION (75%)	LOCALIZADO (90%)
Agroclima Angol						
Arándano 1	NR	0,44	NR	0,31	0,27	0,22
Arándano 2	NR	0,62	NR	0,43	0,37	0,31
Arándano 3	NR	0,68	NR	0,47	0,41	0,34
Espárrago	NR	1,17	NR	0,81	0,70	0,58
Frambueso	NR	0,99	NR	0,69	0,60	0,50
Pradera	2,11	NR	1,26	0,97	0,84	NR
Remolacha	1,73	1,15	1,04	0,80	0,69	NR
Maíz	1,78	1,18	1,07	0,82	0,71	NR
Poroto	1,02	0,68	0,61	0,47	0,41	NR
Papa	1,68	1,12	1,01	0,78	0,67	NR
Agroclima Carillanca						
Arándano 1	NR	0,29	NR	0,20	0,17	0,14
Arándano 2	NR	0,44	NR	0,31	0,27	0,22
Arándano 3	NR	0,50	NR	0,35	0,30	0,25
Espárrago	NR	0,94	NR	0,65	0,56	0,47
Frambueso	NR	0,78	NR	0,54	0,47	0,39
Pradera	1,73	NR	1,04	0,80	0,69	NR
Remolacha	1,39	0,93	0,83	0,64	0,56	NR
Maíz	1,43	0,96	0,86	0,66	0,57	NR
Poroto	0,75	0,50	0,45	0,35	0,30	NR
Papa	1,35	0,90	0,81	0,62	0,54	NR
Agroclima Loncoche						
Arándano 1	NR	0,31	NR	0,22	0,19	0,16
Arándano 2	NR	0,48	NR	0,33	0,29	0,24
Arándano 3	NR	0,54	NR	0,37	0,32	0,27
Espárrago	NR	1,02	NR	0,70	0,61	0,51
Frambueso	NR	0,85	NR	0,59	0,51	0,42
Pradera	1,87	NR	1,12	0,86	0,75	NR
Remolacha	1,50	1,00	0,90	0,69	0,60	NR
Maíz	1,55	1,03	0,93	0,71	0,62	NR
Poroto	0,81	0,54	0,49	0,37	0,32	NR
Papa	1,46	0,97	0,87	0,67	0,58	NR
Agroclima Vilcún						
Espárrago	NR	0,57	NR	0,39	0,34	0,28
Frambueso	NR	0,46	NR	0,32	0,28	0,23
Pradera	1,07	NR	0,64	NR	0,43	0,36
Remolacha	0,84	0,56	0,50	NR	0,34	0,28
Papa	0,81	0,54	0,49	NR	0,32	0,27

Fuente: Elaborado en base antecedentes Convenio INIA-CORFO

5.2 Manejo del riego en algunos cultivos de la IX Región

5.2.1 ARANDANO

El cultivo del arándano se caracteriza por presentar un sistema radicular superficial. Consecuentemente, la mayor extracción de agua se realiza desde los primeros 20 cm. (Cuadro 20). Durante el primer año esto es particularmente importante, ya que extrae desde los primeros 20 cm de suelo más del 80% del agua que consume (Cuadro 20). Esta característica del cultivo, hace que el manejo del riego deba realizarse con cantidades de agua que humedezcan los primeros 30 cm de la profundidad del suelo. Riegos más profundos son innecesarios en este cultivo.

Dado el pequeño volumen de suelo ocupado por las raíces los riegos deben ser frecuentes, debido a la baja capacidad para almacenar agua que tiene ese reducido volumen, lo que es crítico en el primer año de vida del arándano (Foto 5).

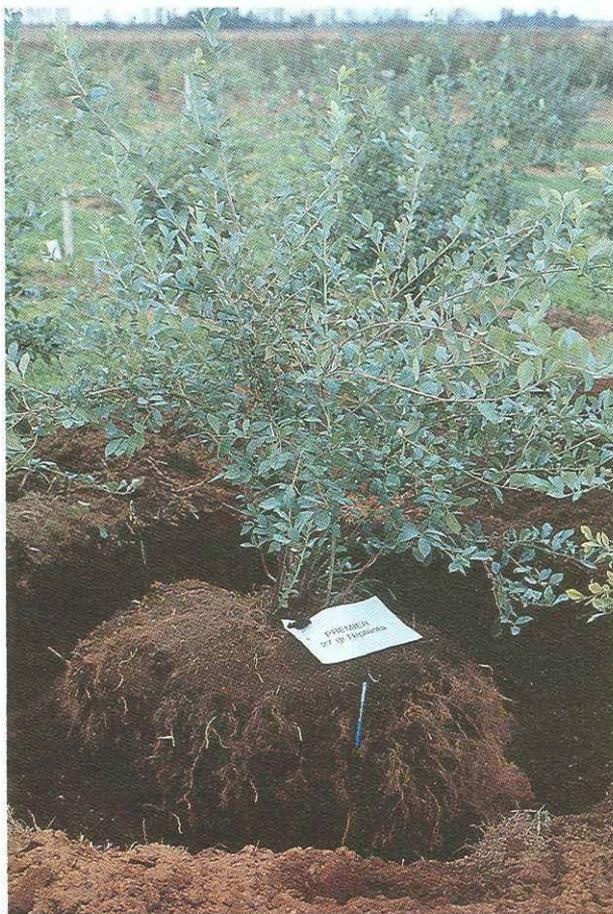


Foto 5.
*Sistema radicular
del arándano.*

Cuadro 20. Patrón de extracción de humedad en los tres primeros años de arándano.

PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)	EXTRACCION DE AGUA (%)		
	AÑOS		
	1	2	3
0 - 20	85.1	76.5	71.2
20 - 40	12.9	18.5	15.6
40 - 60	2.0	4.9	13.4

Fuente: Información generada por Convenio INIA - CORFO

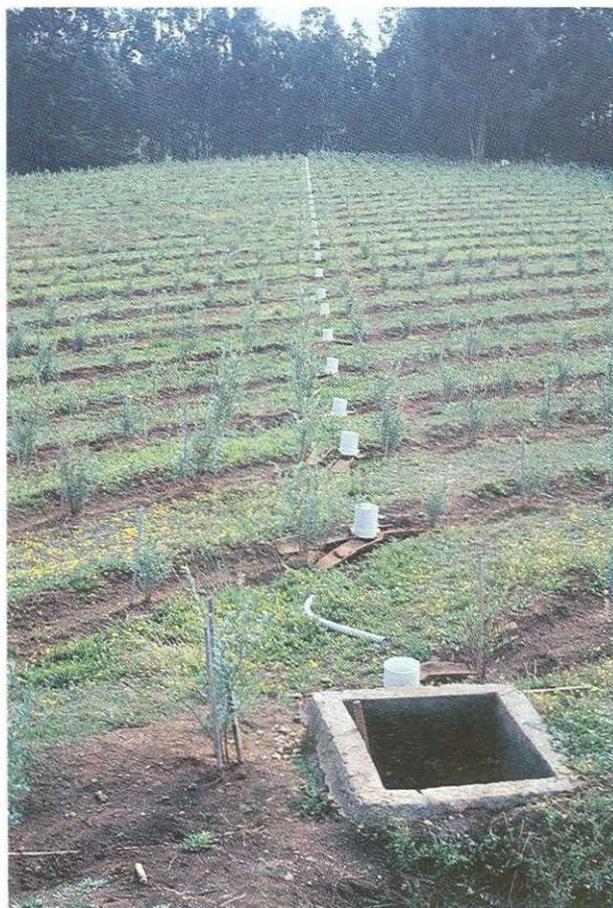


Foto 6.
Arándanos regados
por surcos.

Los métodos de riego más utilizados en este cultivo son: sistemas localizados (goteo, microjet, cinta) y aspersión. Sin embargo, bajo condiciones de suelos bien nivelados y con personal entrenado, es posible regar por surcos. El riego por surcos debe realizarse con un buen acondicionamiento de suelo, que elimine el microrelieve para evitar las acumulaciones de agua y con sistemas de aducción que permitan un buen control del agua, respetando las frecuencias y tiempos de riego que el cultivo requiere.

En condiciones de suelo con pendiente se ha utilizado surcos en contorno con sistema californiano fijo (Foto 6).

Al estudiar la interacción riego - fertilización nitrogenada durante el convenio INIA - CORFO se encontró que, independiente del nivel de riego utilizado, las plantas que recibieron aplicaciones superiores a 27 g nitrógeno/planta, presentaron el menor desarrollo vegetativo y los sistemas radiculares más pequeños (Figura 24). La fertilización nitrogenada se realizó utilizando Sulfato de Amonio, aplicado en tres parcialidades.

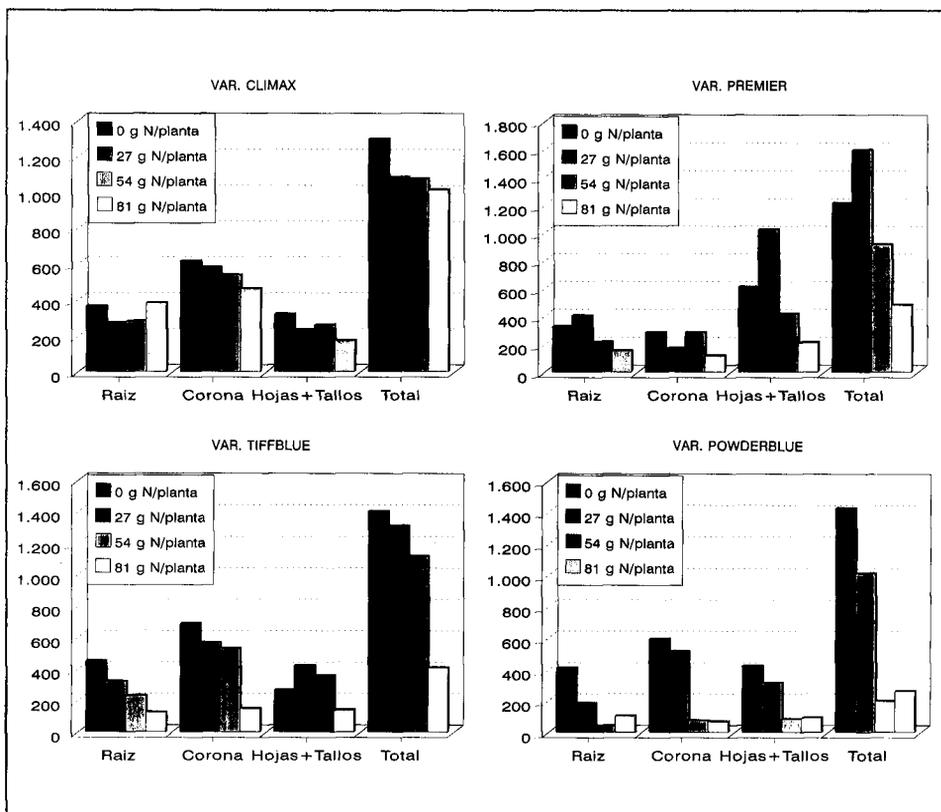


Figura 24. Efecto de la fertilización nitrogenada en el desarrollo del arándano.

Estas observaciones demuestran, que en los primeros tres años de la plantación los requerimientos de fertilización nitrogenada son bajos y por lo tanto, sería contraproducente aplicar dosis superiores a los 27 g N/planta.

5.2.2 ESPARRAGO

El cultivo del espárrago se caracterizó por presentar una alta sensibilidad al exceso de humedad, como se muestra en la Figura 25.

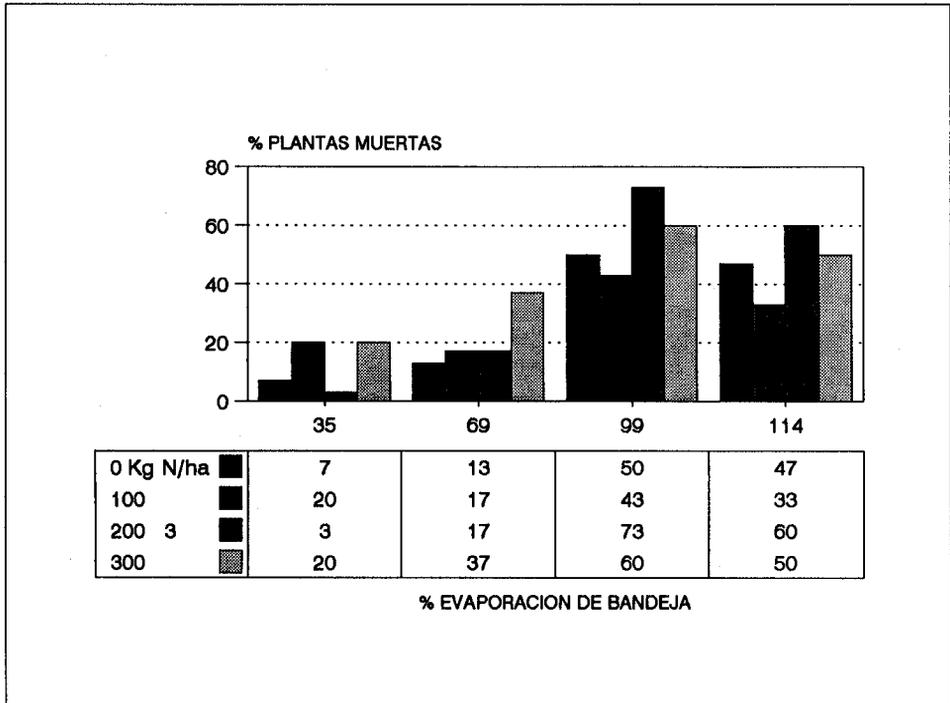


Figura 25. Efecto del agua aplicada sobre la muerte de plantas de espárrago. Carillanca, temporada 1990/91.

Se pudo constatar que la muerte de plantas de espárragos está en directa relación con la cantidad de agua aplicada. Cuando el riego fue equivalente al 100% de la evaporación de bandeja, la mortalidad de las plantas fue superior al 40% (Foto 7).

Estos resultados hacen aconsejable realizar riegos con bajos volúmenes de agua, teniéndose particular precaución al regar con métodos gravitacionales, evitando las acumulaciones de agua por períodos excesivos de tiempo.

Las formas de riego más utilizadas en el cultivo son las de aspersión y surcos. En este último método, debe tenerse la precaución de realizar un adecuado diseño de los surcos, evitando las acumulaciones de agua.

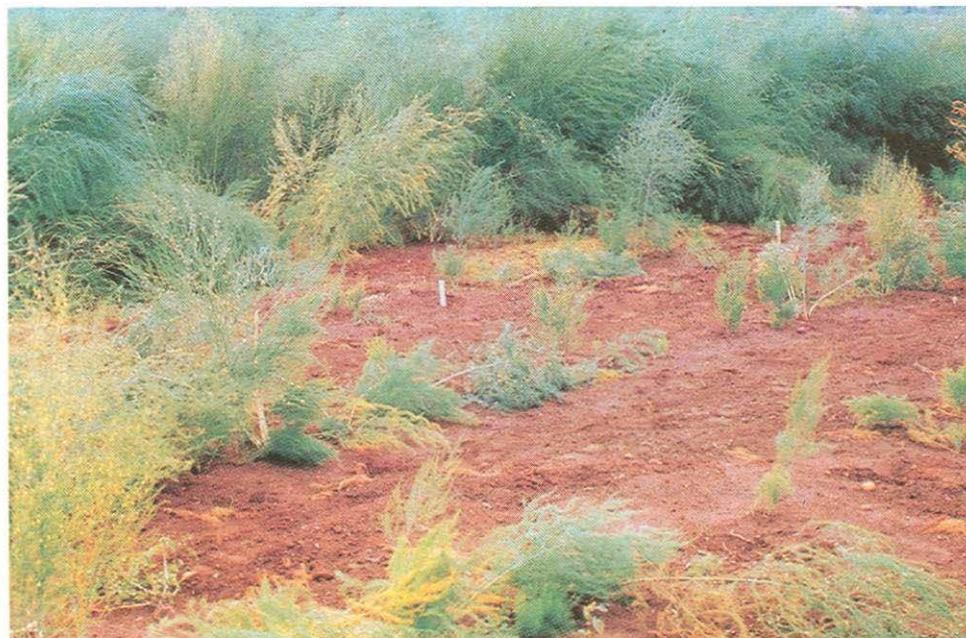


Foto 7. Muerte de espárrago por exceso de riego.

El cultivo utiliza la humedad concentrada en los primeros 40 cm desde donde extrae cerca del 70% del agua que consume (Cuadro 21).

5.2 3 FRAMBUESO

El frambueso tiene un sistema radicular superficial, concentrando más de la mitad de la extracción de humedad en los primeros 20 cm de suelo (Cuadro 21).

El método de riego más utilizado en la región es el riego por surcos, y en algunos predios se han introducido sistemas de riego por aspersión.

En la zona existe la tendencia a pensar que el sistema de riego por aspersión favorece la presencia de enfermedades, especialmente botrytis. La experiencia de la investigación realizada durante cinco temporadas, demostró que esta enfermedad no se acentuaba por realizar el riego con este método, aún en períodos de cosecha.



Foto 8. Frambueso regado por aspersión en la IX Región .

Cuadro 21. Patrón de extracción de humedad en los cultivos regados de la IX Región.

PROFUNDIDAD (cm)	EXTRACCION DE AGUA (%)			
	ESPARRAGO	FRAMBUESO	PRADERA	REMOLACHA
0 - 20	41	52	56	40
20 - 40	32	33	23	36
40 - 60	27	15	21	24

Fuente: Información generada por el Convenio INIA - CORFO

5.2.4 PRADERA

Las praderas permanentes, generalmente de trébol blanco-ballica, presentan una extracción de agua concentrada en más de un 50 % en los primeros 20 cm de suelo, principalmente debido al arraigamiento superficial del trébol blanco (Cuadro 21).

Un aspecto importante en las praderas permanentes, es la persistencia de las especies nobles. Bajo condiciones sin riego, el trébol blanco desapareció totalmente de la pradera en la tercera temporada, no recuperándose más; en cambio bajo condiciones de riego, tanto el trébol como la ballica, no presentaron problemas de persistencia hasta el quinto año.

Los sistemas de riego más utilizados en la región son el método de riego tendido y el método de riego por aspersion.

Al analizar la fertilización nitrogenada en praderas regadas, se observó que no se produjo un aumento en los rendimientos, sin embargo, en praderas sin riego la fertilización nitrogenada, permitió aumentar los rendimientos, tal como se presenta en la Figura 26.

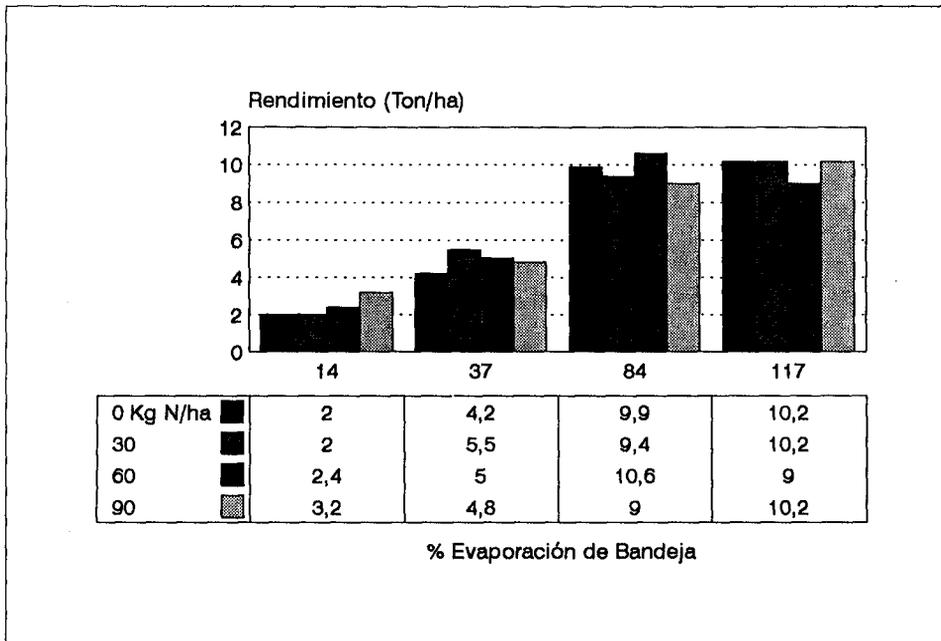


Figura 26. Rendimiento de pradera trébol blanco-ballica. Carillanca, temporada 1990/91.

De la Figura 26, se puede concluir que el riego en praderas mixtas, tiene mayor importancia en el aumento de los rendimientos que la fertilización nitrogenada. Esto se debe, a que el riego favorece una fijación simbiótica más eficiente en el trébol, favoreciendo con esto la incorporación de nitrógeno atmosférico al sistema.

5.2.5 REMOLACHA

El cultivo de la remolacha presenta un patrón de extracción de humedad concentrado en los primeros 40 cm de profundidad (Cuadro 21).

La interacción con la fertilización nitrogenada (Figura 27) muestra que al usar el agua eficientemente es posible obtener la misma producción con un nivel menor de fertilizante, o en otras palabras, cuando regamos en forma ineficiente, no supliendo los requerimientos del cultivo se necesita más fertilizante para alcanzar el mismo nivel productivo. Por otra parte, se sabe que elementos móviles como el nitrógeno, son fácilmente "lavados" cuando se aplican riegos excesivos.

El método de riego más utilizado en la siembras de remolacha en la IX Región es el tendido, a pesar que el cultivo se adapta fácilmente al sistema de riego por surcos, que presenta como ventajas un mejor control del agua de riego y mayor facilidad en el control de malezas.

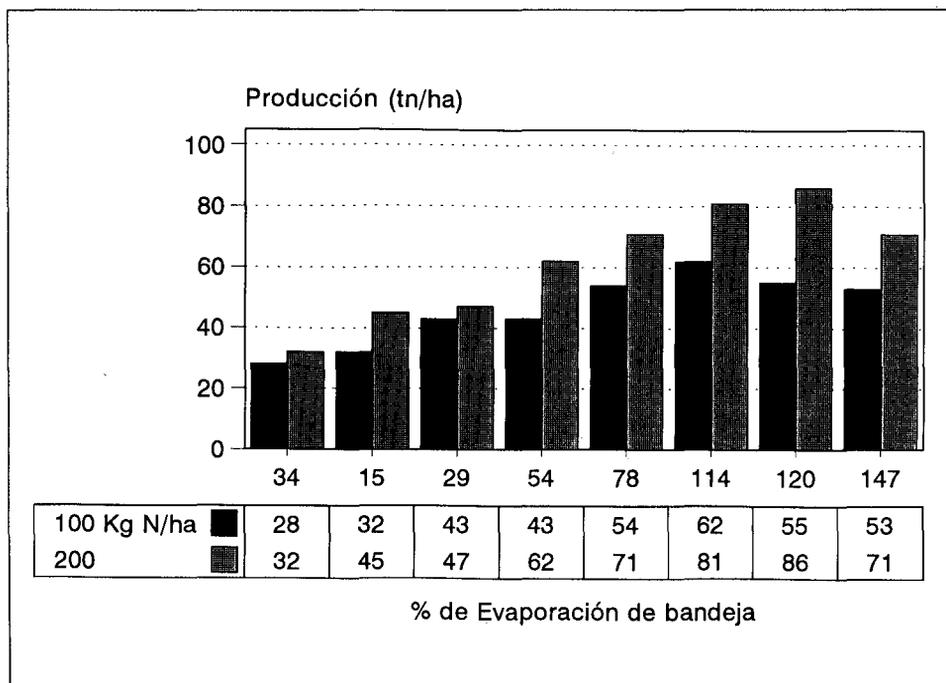


Figura 27. Producción de raíces limpias de remolacha. Carillanca, temporada 1990/91.

5.3 Pautas de riego

Un eficiente riego se logra considerando todos los factores que intervienen en él, desde la dotación de agua, la selección del método más adecuado, la conducción y distribución de agua y la programación del riego en el cultivo.

La mayoría de los agricultores que incorporan riego a sus predios, desconocen el manejo de él en los diferentes cultivos, principalmente en lo que se refiere a oportunidad de aplicación.

La programación del riego es una técnica poco conocida y aplicada, pero que trae consigo múltiples ventajas, dentro de las cuales se puede mencionar un adecuado uso del recurso hídrico y mano de obra, incrementando así la superficie de riego con la misma cantidad de agua disponible.

La programación de riego consiste en un plan de manejo del recurso agua en cuanto a oportunidad y cantidad de aplicación para cada cultivo, en un suelo y zona determinada.

Los factores que influyen sobre la programación de riego son:

- **Clima** : en la IX Región existe una gran diversidad en los parámetros climáticos, lo cual ha determinado diferentes áreas agroclimáticas, las cuales son determinantes en las necesidades hídricas de los cultivos.

- **Suelo** : dependiendo de las características físico-hídricas de los diferentes tipos de suelo que existen, varía la capacidad de retención de agua en él, lo que influye en la programación del riego, ya que cada área agroecológica presenta tipos de suelo muy particulares que deben ser tomados en cuenta para conocer la oportunidad y cantidad de agua aplicada.

- **Planta**: las características morfológicas y fisiológicas de cada cultivo condicionan el comportamiento de éste frente al manejo del riego, que será característico de la zona y suelo donde se encuentre; por lo tanto, conocer características hídricas del cultivo permitirán una mejor planificación del riego.

La interacción de estos factores son de fundamental importancia para programar adecuadamente el riego en un predio determinado.

Este análisis se hizo en base a un balance hídrico entre el volumen de agua que retiene cada suelo y la demanda hídrica del cultivo.

Volumen de agua retenido en un suelo: de acuerdo a la caracterización físico-hídrica que se tiene de un suelo determinado, se puede determinar el volumen de agua que es capaz de retener. Este volumen es distinto dependiendo del tipo de suelo; existen suelos que retienen en 300 m³/ha y otros más de 600 m³/ha. Al conocer el volumen de agua que retiene un suelo, se puede conocer el período entre riegos.

- **Uso consumo** : conociendo las características climáticas de cada zona agroecológica y algunos parámetros hídricos de cada cultivo, se puede determinar periódicamente la demanda de agua por las plantas. Conocer el uso consumo de la planta será de gran utilidad para programar frecuencia de riego y volúmenes de agua a aplicar.

- **Criterio de riego** : desde el punto de vista del manejo del riego, es necesario reponer el agua consumida por el cultivo, después que se ha agotado el 50 % (en general) del total de agua retenida en el suelo, para evitar que disminuya el volumen de agua aprovechable en el suelo a niveles que pudieran provocar un estrés hídrico a la planta.

La planificación del riego que se detalla en los cuadros del Anexo 6, considera la lámina de agua a reponer, el intervalo entre riegos, el número de riegos por mes en cada cultivo y zona agroecológica en estudio.

Con los antecedentes de clima y suelo de cada una de las áreas agroecológicas, se elaboraron pautas de riego para los cultivos, de modo que sirvan de orientación para los agricultores. Las pautas fueron elaboradas con los antecedentes históricos de los requerimientos de riego y precipitación de la región, por lo que deben ser consideradas referenciales, en cuanto al número y frecuencia de riegos.

Las láminas de riego indicadas en las pautas de riego señalan las necesidades netas del cultivo que se deben reponer entre riego y riego. El agua puede ser aplicada por distintos métodos de riego, variando la cantidad de agua total por la diferencia en la eficiencias de aplicación entre los métodos. En el Cuadro 22, se presenta la lámina de agua total, en base a la eficiencia de los métodos de riego más utilizados.

El siguiente ejemplo muestra la manera de utilizar las pautas de riego:
Información requerida

Cultivo a regar	: remolacha
Método de riego	: surcos
Area agroclimática	: Angol
Serie de suelo	: Angol

Con la Información indicada acudimos a la pauta de riego del agroclima Angol y buscamos en la serie de suelo Angol.

La pauta entrega tres elementos del manejo del riego. El primero es la lámina neta a reponer por riego, que corresponde a la lámina de agua que se debe aplicar para suplir las necesidades del cultivo. Para nuestro ejemplo, en el mes de noviembre la lámina de agua a reponer es de 34,6 mm.

La segunda información indicada en la pauta, es la frecuencia de riego, es decir, el intervalo de días que hay entre dos riegos, que en nuestro ejemplo es de 30 días en el mes de noviembre, 17 días en el mes de diciembre, etc.

La tercera y última información, es el número de riegos que se requerirían durante el mes.

Pautas de Riego Agroclima Angol. Remolacha.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	34.6	50.6	59.3	59.3	59.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	17	13	14	
Número de riegos	0	1	2	2	2	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	23.8	30.5	46.1	46.1	46.1
Frecuencia de riego (días)	0	29	10	10	11	
Número de riegos	0	1	3	3	3	2
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	20.5	30.3	33.4	33.4	33.4
Frecuencia de riego (días)	0	25	10	7	8	
Número de riegos	0	1	3	4	4	2

ANEXOS

A N E X O

1

**PRECIPITACION Y
EVAPORACION
DE BANDEJA
EN LOCALIDADES
DE LA IX REGION**

Cuadro 1. Precipitación promedio (mm) en localidades de la IX Región

LOCALIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ANGOL	21,4	15,8	25,6	56,8	190,1	224,8	207,9	146,8	79,3	44,3	23,6	18,4	1054,9
TRAIQUEN	38,3	29,9	48,1	81,2	218,1	230,9	200,9	163,2	98,8	68,1	50,2	36,7	1267,9
GALVARINO	25,0	20,8	30,5	52,1	151,5	165,5	145,1	146,6	73,1	45,7	34,4	28,2	918,5
VICTORIA	37,8	35,8	50,0	87,4	244,0	237,8	227,2	201,3	134,2	79,1	69,6	57,1	1461,3
CARILLANCA	47,6	42,9	49,0	92,2	228,0	224,3	210,0	162,7	100,7	100,0	63,0	59,8	1380,2
TEMUCO	40,6	39,6	60,1	93,6	169,5	192,8	181,4	156,1	109,9	73,3	70,6	58,1	1245,6
FREIRE	48,8	39,2	33,8	75,0	264,8	220,5	246,5	209,9	130,3	103,3	77,7	59,1	1508,9
LONCOCHE	52,3	85,5	67,4	167,3	301,2	309,7	274,0	328,0	189,0	135,8	123,3	105,1	2138,6
L. MALLECO	30,8	37,2	99,0	289,4	406,0	408,8	404,5	294,3	180,9	157,0	51,0	160,0	2518,9
CHERQUENCO	72,5	111,4	138,8	166,3	382,3	341,0	371,0	342,1	212,3	139,3	198,0	80,2	2555,2

Cuadro 2. Evaporación de bandeja promedio (mm) en localidades de la IX Región.

LOCALIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ANGOL	190,2	156,8	122,4	80,0	53,0	38,0	40,0	46,0	59,0	82,0	98,0	127,0	1092,4
TRAIQUEN	160,4	153,0	94,9	71,6	43,0	36,0	36,0	43,0	64,7	78,3	95,8	105,2	981,9
GALVARINO	187,0	152,0	117,0	55,0	28,0	18,0	15,0	30,0	50,0	129,0	151,0	194,0	1126,0
VICTORIA	143,7	133,7	118,7	83,7	55,0	38,7	41,2	50,0	64,7	67,5	92,5	107,5	996,9
CARILLANCA	171,0	133,0	97,7	51,9	26,7	18,1	19,9	31,4	56,8	85,1	113,9	154,7	960,2
TEMUCO	150,0	150,0	122,5	91,2	61,2	46,2	48,7	56,2	70,0	87,5	102,5	120,0	1106,0
LONCOCHE	185,0	162,0	131,0	79,0	40,0	21,0	18,0	37,0	64,0	88,0	119,0	121,0	1065,0
CHERQUENCO	117,0	114,0	108,0	78,8	60,0	44,4	40,0	42,2	53,3	52,0	75,0	73,0	857,7

A N E X O

2

**CARACTERISTICAS
FISICO HIDRICAS
DE LOS SUELOS
REGADOS
DE LA IX REGION**

Cuadro 1. Características físico hídricas de la serie de suelo Tijeral.

PROF CM	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ³	POROSIDAD H.A. FRACC. (mm)	
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D. AP. gr/cm ³			
0-19	25,71	60,54	13,74	Franco Limoso	29,82	16,50	1,16	2,853	0,593	29,36
19-30	29,90	50,05	11,05	Franco Limoso	31,84	18,46	1,24	2,397	0,483	18,25
30-45	18,83	68,15	13,12	Franco Limoso	27,50	16,23	1,09	2,275	0,521	18,23
45-65	35,35	55,50	9,15	Franco Limoso	33,79	17,22	1,05	2,541	0,587	34,80
65-87	30,16	59,14	10,36	Franco Limoso	40,21	20,60	1,13	2,596	0,565	48,75
87-140	28,90	61,22	9,87	Franco Limoso	40,23	17,82	1,16	2,782	0,583	137,78

Cuadro 2. Características físico hídricas de la serie de suelo Angol.

PROF CM	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ³	POROSIDAD H.A. FRACC. (mm)	
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0- 24	18,86	64,70	18,43	Franco Limoso	27,76	10,95	1,44	2,207	0,467	58,10
24- 47	24,44	66,08	9,47	Franco Limoso	17,69	6,42	1,47	2,322	0,367	38,10
47-110	21,93	59,90	18,16	Franco Limoso	23,80	11,55	1,41	2,468	0,429	108,82
110-150	24,29	58,39	17,32	Franco Limoso	28,14	13,87	1,40	2,55	0,452	79,91

Cuadro 3. Características físico hídricas de la serie de suelo Metrenco.

PROF CM	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ₃	POROSIDAD H.A. FRACC. (mm)	
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0- 20	23,57	40,33	36,10	F. A.	39,73	27,73	1,25	2,653	0,529	30,00
20- 46	13,61	37,39	49,00	Arcilloso	34,36	25,86	1,28	2,746	0,534	28,34
46- 60	21,25	35,01	43,74	Arcilloso	30,60	26,28	1,40	2,899	0,517	8,50
60- 71	23,60	31,76	44,64	Arcilloso	42,06	32,32	1,32	2,740	0,519	14,10

Cuadro 4. Características físico hídricas de la serie de suelo Victoria.

PROF CM	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ³	POROSIDAD H.A. FRACC. (mm)	
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0-17	21,47	39,89	38,64	F. Arcillosa	41,97	31,00	1,13	2,309	0,511	21,07
17-28	17,49	42,69	39,82	F. A.-Limosa	42,62	31,43	1,21	2,675	0,548	13,31
28-62	13,03	33,20	52,77	Arcilloso	39,79	32,57	1,19	2,710	0,561	29,21

Cuadro 5. Características físico hídricas de la serie de suelo Perquenco.

PROF CM	%	%	%	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ³	POROSIDAD FRACC.	H.A. (mm)
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0- 15	27,77	37,23	35,00	F. Arcilloso	30,41	21,80	1,36	2,574	0,472	17,56
15- 34	26,62	37,39	35,99	F. Arcilloso	29,69	21,20	1,34	2,686	0,501	21,62
34- 42	31,87	33,60	34,53	F. Arcilloso	32,20	26,00	1,23	2,456	0,499	6,10

Cuadro 6. Características físico hídricas de la serie de suelo Temuco.

PROF CM	%	%	%	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ₃	POROSIDAD FRACC.	H.A. (mm)
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0- 22	33,91	43,09	22,99	Franco	70,30	43,44	0,93	2,628	0,646	54,96
22- 50	36,52	38,87	24,61	Franco	65,38	48,88	0,99	2,113	0,531	45,74
50- 92	34,94	48,46	16,61	Franco	72,38	56,49	0,76	2,332	0,674	50,72
90-120	34,60	50,33	15,07	F. Limoso	67,18	52,89	0,86	2,912	0,705	34,41

Cuadro 7. Características físico hídricas de la serie de suelo Freire.

PROF CM	%	%	%	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ₃	POROSIDAD FRACC.	H.A. (mm)
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0- 31	26,07	51,84	22,09	F. Limoso	65,74	37,64	0,98	2,512	0,610	85,37
31- 43	27,25	58,89	13,86	F. Limoso	74,71	51,32	0,93	2,425	0,616	26,10
43- 57	27,66	58,28	14,06	F. Limoso	72,23	52,54	0,95	2,913	0,674	26,19
57- 80	30,61	51,88	17,51	F. Limoso	74,27	53,65	0,95	2,515	0,622	45,06

Cuadro 8. Características físico hídricas de la serie de suelo Barros Arana.

PROF CM	%	%	%	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm ₃	POROSIDAD FRACC.	H.A. (mm)
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm ³			
0- 15	40,50	44,43	15,07	Franco	70,39	46,98	0,91	2,584	0,648	31,96
15- 25	48,36	45,55	6,09	F. Arenoso	76,97	61,77	0,84	2,863	0,707	12,77
25- 45	47,55	47,33	4,79	F. Arenoso	64,84	48,96	0,93	2,684	0,654	29,54

Cuadro 9. Características físico hídricas de la serie de suelo Pemehue.

PROF CM	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm3	POROSIDAD FRACC.	H.A. (mm)
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm3			
0- 20	27,93	43,33	28,74	F.A.	74,34	59,11	0,90	2,232	0,597	26,93
20- 40	29,43	52,27	18,30	F. Limoso	77,06	53,30	0,90	2,803	0,679	42,77
40- 60	36,75	56,99	6,22	F. Limoso	80,58	65,12	0,78	2,181	0,751	24,12
60-108	27,89	45,41	26,70	Franco	62,99	46,51	0,88	2,552	0,655	65,26

F.A. : Franco Arcilloso

Cuadro 10. Características físico hídricas de la serie de suelo Vilcún.

PROF CM	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASIF. TEXTURA	RETENCION HUMEDAD			D.PART gr/cm3	POROSIDAD FRACC.	H.A. (mm)
					1/3 AT % BPS	15 AT % BPS	D.AP. gr/cm3			
0- 20	25,12	47,45	27,44	F.A.	78,16	49,62	0,82	2,374	0,695	46,8
20- 35	26,96	49,76	23,29	Franco	79,28	45,71	0,73	2,385	0,694	36,76
35- 65	38,33	34,47	17,19	F. Limoso	90,10	63,63	0,66	2,853	0,769	52,41

F.A. : Franco Arcilloso

A N E X O

3

**FUNCIONES
DE
PRODUCCION**

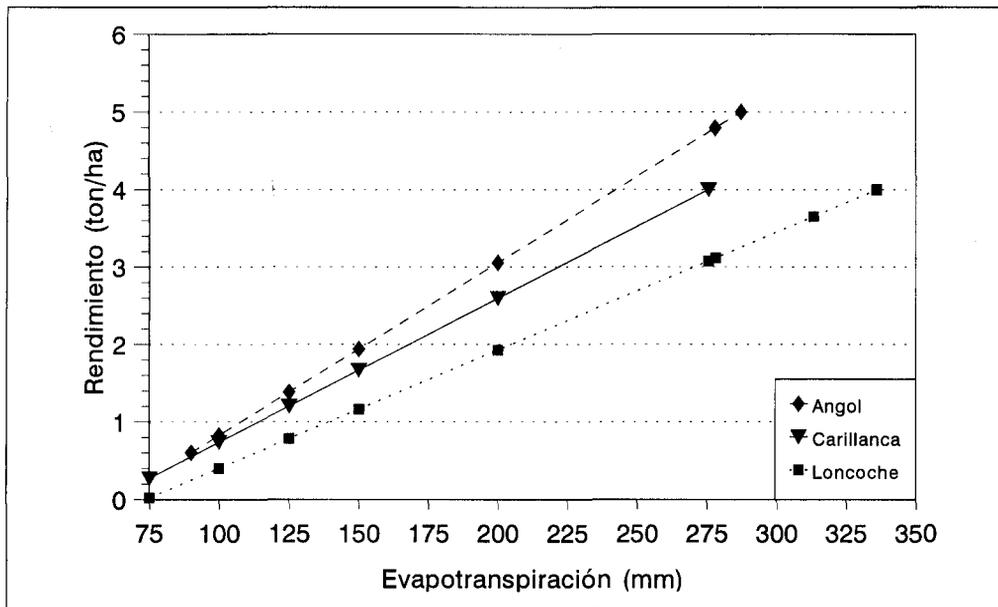


Figura 1. Funciones de Producción para Arándanos en Areas Agroclimáticas de la IX Región.

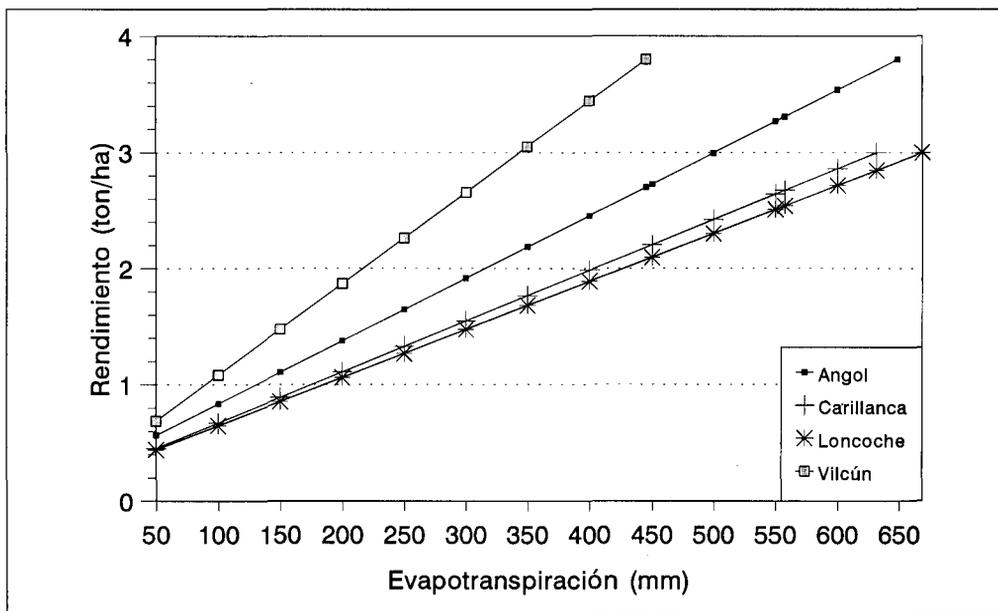


Figura 2. Funciones de Producción para Espárrago en Areas Agroclimáticas de la IX Región. Cuarta Temporada.

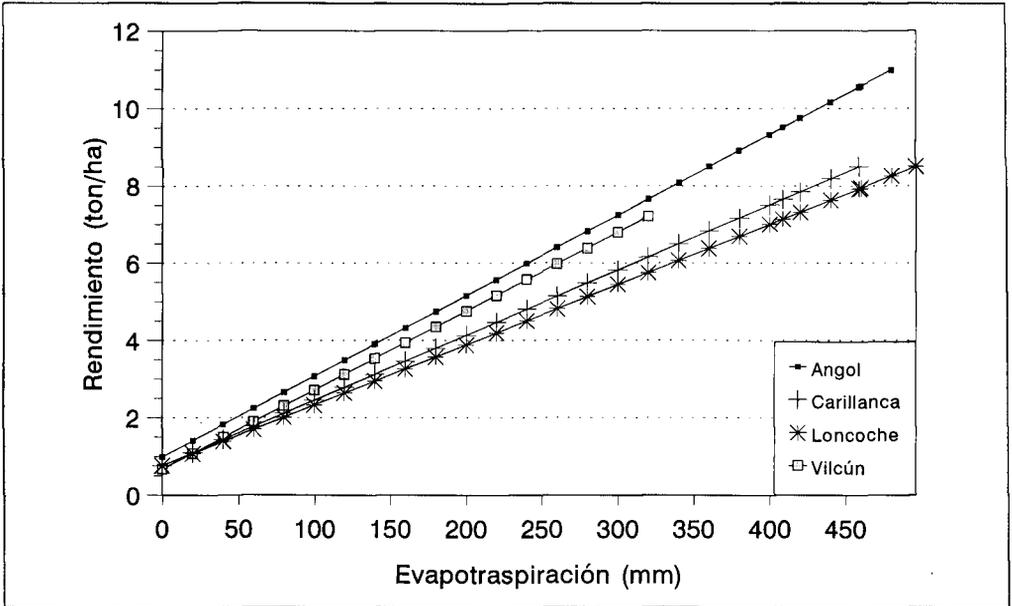


Figura 3. Funciones de Producción para Frambuesa en Areas Agroclimáticas de la IX Región.

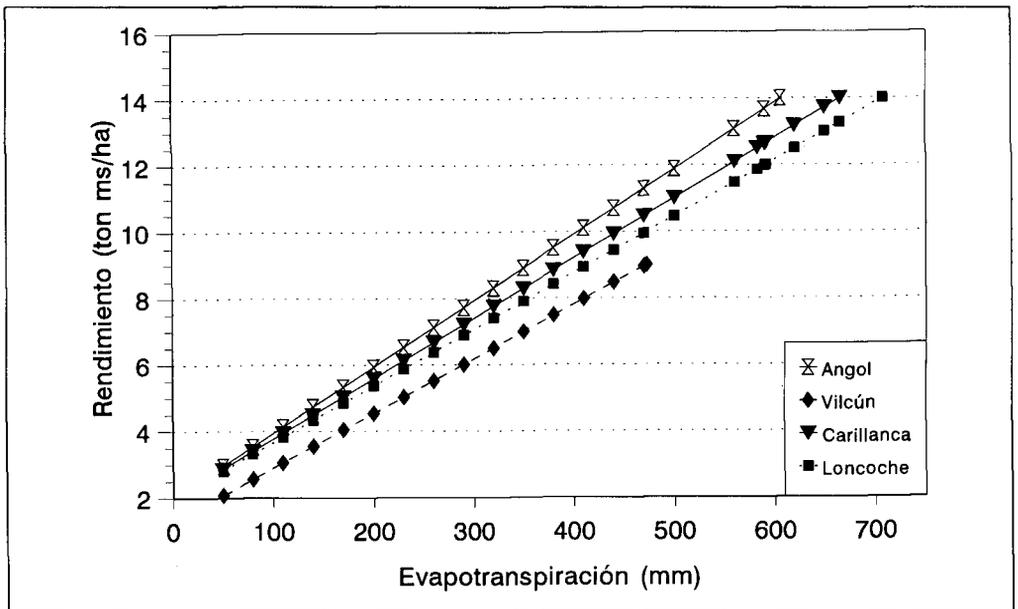


Figura 4. Funciones de Producción para Pradera T. Blanco Ballca en Areas Agroclimáticas de la IX Región.

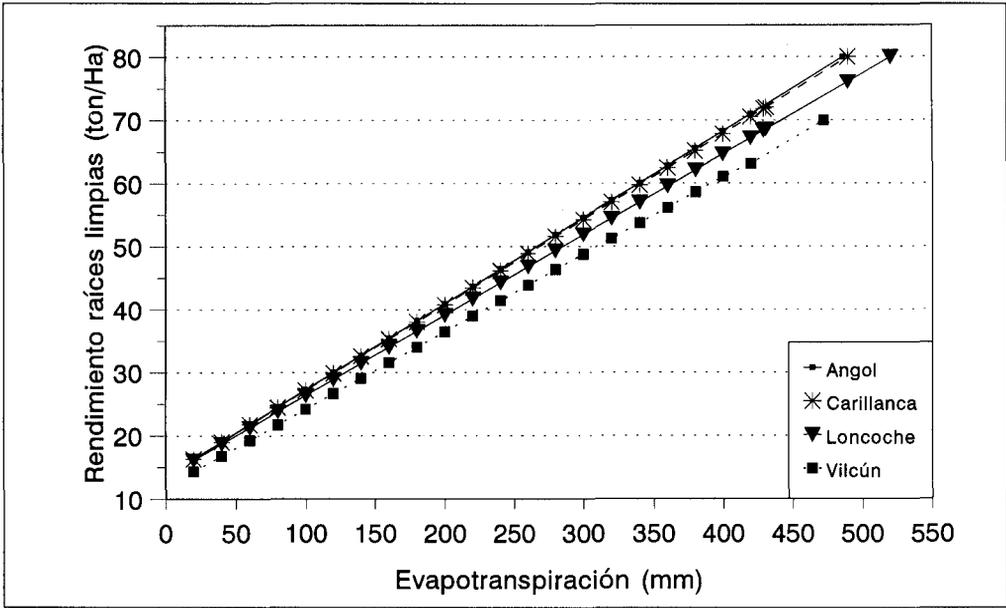


Figura 5. Funciones de Producción para Remolacha en Areas Agroclimáticas de la IX Región.

A N E X O

4

**INVERSIONES
Y COSTOS
DE METODOS
DE RIEGO**

Cuadro 1. Inversión y costos de método de riego tendido entrega canal, para una superficie de 30 hectáreas.

INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Nivelación *	M3/HA	200	120.000	3.600.000
Trazado Regueros	GL			180.000
Estructuras	GL			150.000
Asesoría técnica	GL			150.000
TOTAL DE INVERSION 30 HA				4.080.000
TOTAL INVERSION /HA				136.000
COSTO FIJO ANUAL POR HECTAREA				
	DEPREC.	INTERES		SUBTOTAL \$
Nivelación	--	14.400		14.400
Trazado Regueros	--	720		720
Estructuras (compuertas, etc.)	600	360		960
Cuotas Asociación de Canalistas 1				5.865
TOTAL COSTO FIJO ANUAL				21.945
COSTO DE OPERACION ANUAL POR HECTAREA				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Mano de obra	JH	20	2.200	44.000
Reparaciones	GL			15.000
TOTAL COSTOS OPERACION ANUAL				59.000
COSTO TOTAL ANUAL RIEGO (\$/ha)				80.945
(US\$/ha)				202,36

1. Costo cuota Asoc de Canalistas

Asoc. de Canalistas Allipén	\$ 1.100 lt/seg.
Asoc. de Canalistas Chufquén	\$ 3.600 lt/seg.
Promedio	\$ 2.346 lt/seg.

* Puede o no constituir inversión.

Cuadro 2. *Inversión y costos de riego por surcos, distribución sifones, para una superficie de 30 hectáreas entrega canal.*

INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Nivelación *	M3/ha	200	120.000	3.600.000
Acequia madre	M3/ha	90	24.300	729.000
Surcado	JH	30	2.200	66.000
Sifones diam.50 mm	U	250	1.333	333.250
Asesoría Técnica				300.000
TOTAL DE INVERSION 30 HA				5.028.250
TOTAL DE INVERSION/ HA				167.608
COSTO FIJO ANUAL POR HECTAREA		DEPREC.	INTERES	SUBTOTAL \$
Nivelación	--		14.400	14.400
Acequia madre	--		2.916	2.916
Surcado	--		264	264
Sifones PVC diam. 50 mm	1.111		1.333	2.444
Cuotas Asociación de Canalistas				3.519
TOTAL COSTO FIJO ANUAL		1.111	18.913	23.543
COSTO DE OPERACION ANUAL POR HECTAREA				
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Mano de obra	JH	12	2.200	26.400
Reparaciones	GL			8.380
TOTAL COSTO DE OPERACIÓN POR HECTAREA				34.780
COSTO TOTAL ANUAL RIEGO		(\$/ha)		58.323
(US\$/ha)				145,80

* Puede o no constituir inversión.

Cuadro 3. *Inversión y costos de riego por aspersión móvil tubería de pvc., para una superficie de 30 hectáreas.*

INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Tub. Aspiración	m	10	15.000	150.000
Válvula de pie c/ acopamiento 108 mm	GL			50.000
Motobomba 58 HP 58 lt/seg	U	1		2.500.000
Accesorios varios 15% inversiones				845.250
Aspersor alcance 50m 14mm/hr	U	2	350.000	700.000
Tripodes para aspersores	U	2	40.000	80.000
Tubería PVC Acople rápido c6 d110mm	Tira	150	14.300	2.145.000
Piezas especiales acople rápido	GL			150.000
Válvulas	U	2	15.000	30.000
Traslado materiales				200.000
Diseño e instalación 12% inversión				801.630
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				675.000
TOTAL DE INVERSION 30 HA				8.156.630
TOTAL DE INVERSION / HA				271.887
COSTO FIJO ANUAL Por hectarea	DEPREC.	INTERES		SUBTOTAL \$
Tub. Aspiración	250,0	600,0		850,0
Válvula de pie c/ acopamiento 108 mm	166,6	199,9		366,5
Motobomba 68 HP 58 lt/seg	4.166,7	10.000,0		14.166,7
Accesorios varios 15% inversiones	1.408,8	3.381,0		4.789,8
Aspersor alcance 50m 14mm/hr	2.333,3	2.800,0		5.133,3
Tripodes para aspersores	266,6	319,9		586,5
Tubería PVC Acople rápido c6 d110mm	3.972,2	8.580,0		12.552,2
Piezas especiales acople rápido	277,8	600,0		877,8
Válvulas	100,0	120,0		220,0
Traslado materiales		799,9		799,9
Diseño e instalación 12% inversión		3.206,5		3.206,5
Cuota asociación de canalistas		1.642,0		
TOTAL COSTO FIJO ANUAL				45.191,1
COSTO DE OPERACION ANUAL POR HECTAREA				
	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Mano de obra	JH	12	2.200	26.400
Reparaciones	GL			8.500
Combustible	Lt	384	180	69.120
Lubricantes	GL			12.960
TOTAL COSTO OPERACION ANUAL (\$/ha)				116.980
COSTO TOTAL ANUAL RIEGO (\$/HA)				162.171
(US\$/HA)				405.42

2.- Costo Energía: 68 HP consume 12 lt/Diesel/hr \$ 180/lt.

Cuadro 4. Inversión y costos de riego por aspersión móvil tubería de aluminio, para una superficie de 30 hectáreas.

INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Tub. Aspiración	m	10	15.000	150.000
Válvula de pie c/ acopamiento 108 mm	GL			50.000
Motobomba 68 HP	U	1		2.500.000
Accesorios varios	GL			845.250
Aspersor alcance 50m 14mm/hr	U	2	350.000	700.000
Tripodes para aspersores	U		40.000	80.000
Tubería Aluminio acople rápido	Tira	150	41.000	6.150.000
Piezas especiales acople rápido	GL			150.000
Válvulas	U	2	15.000	30.000
Traslado materiales				200.000
				10.915.250
Diseño e instalación 12% inversión				1.637.287
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				1.309.830
TOTAL DE INVERSION 30 HA				13.862.367
TOTAL DE INVERSION /HA				462.078
COSTO FIJO ANUAL POR HECTAREA				
	DEPREC.	INTERES		SUBTOTAL \$
Tub. Aspiración	250,0	600,0		850,0
Válvula de pie c/ acopamiento 108 mm	166,6	199,9		366,5
Motobomba 68 HP 58 lt/seg	4166,7	10.000,0		14.166,7
Accesorios varios 15% inversiones	1408,8	3.381,0		4.789,8
Aspersor alcance 50m 14mm/hr	2333,3	2.800,0		5.133,3
Tripodes para aspersores	266,6	319,9		586,5
Tubería Aluminio acople rápido d110mm	10.250	24.600,0		12.552,2
Piezas especiales acople rápido	277,8	600,0		877,8
Válvulas	100,0	120,0		220,0
Traslado materiales		799,9		799,9
Diseño e instalación 12% inversión		3.206,5		3.206,5
Cuota asociación de canalistas				1.642,0
TOTAL COSTO FIJO ANUAL				67.488,9
COSTO DE OPERACION ANUAL POR HECTAREA				
	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Mano de obra	JH	12	2.200	26.400
Reparaciones	GL			8.500
Combustible	Lt	384	180	69.120
Lubricantes	GL			12.960
TOTAL COSTO OPERACION ANUAL (\$/ha)				116.980
COSTO TOTAL ANUAL RIEGO (\$/HA)				184.468
(US\$/HA)				461,17

2.- Costo Energía: 68 HP consume 12 lt/Diesel/hr \$ 180/lt.

Cuadro 5. *Inversión y costos de riego por goteo, para una superficie de 15 hectáreas.*

INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Bomba 10HP 10 lt/seg	GL			450.000
Tubería PVC diam.90 mm clase 4	m	100	1.282	128.200
Tubería PVC diam.75 mm clase 6	m	250	727	181.750
Tubería PVC diam.63 mm clase 6	m	1.300	635	825.500
Tubería polietileno diam. 16mm	m	55.000	90	4.950.000
Goterros interlínea 4lt/hr	u	37.000	89	3.293.000
Filtro malla 2" c/válvula	u	1	60.000	60.000
Filtro arena	u	2	315.000	630.000
Interconexiones hidráulica	Gl			400.000
Inyector de fertilizante 1"	u	1	80.000	65.000
Válvulas	u	8	54.000	432.000
Fittings	GL			450.000
Caseta protectora	GL			150.000
Programador	U	1	130.000	130.000
Tablero y Conexiones eléctricas	GL			750.000
Cable eléctrico	m	2.000	130	260.000
Trasporte	GL			190.000
Topografía y estudio de suelo	GL			180.000
Total inversiones directas				13.525.450
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				2.028.817
Diseño e instalación 12% inversión				1.623.054
TOTAL DE INVERSION 15 HA				17.177.321
TOTAL DE INVERSION/HA				1.145.154

Observación: En el presente análisis no se han incluido los costos de la conexión a la línea eléctrica, ya que varía para cada caso particular, de acuerdo a distancia de la línea y potencia solicitada.

Cuadro 5. Inversión y costos de riego por goteo, para una superficie de 15 hectáreas.
(Continuación)...

COSTO FIJO ANUAL POR HECTAREA				
	DEPREC.	INTERES		SUBTOTAL \$
Bomba 10HP 10 lt/seg	1.500,0	3.600,0		5.100,0
Tubería PVC diam.90 mm clase 4	474,8	1.025,5		1.500,3
Tubería PVC diam.75 mm clase 6	673,1	1.453,9		2.127,0
Tubería PVC diam.63 mm clase 6	3.057,4	6.604,0		9.661,4
Tubería polietileno diam. 16mm	16.500,0	39.600,0		56.100,0
Goteros interlínea 4lt/hr	27.441,6	26.344,0		53.785,6
Filtro malla 2" c/válvula	800,0	480,0		1.280,0
Filtro arena	2.800,0	5.040,0		7.840,0
Interconexiones hidráulicas	1.481,4	3.199,9		4.681,3
Inyector de fertilizante 1"	533,3	640,0		1.173,3
Válvulas	1.920,0	3.456,0		5.376,0
Fittings	1.666,7	3.600,0		5.266,7
Caseta protectora	500,0	1.200,0		1.700,0
Programador	577,7	1.039,9		1.617,6
Tablero y Conexiones electricas	3.333,3	6.000,0		9.333,3
Cable eléctrico	1.155,5	2.080,0		3.235,5
Trasporte		1.519,0		1.519,9
Topografía y estudio de suelo		1.440,0		1.440,0
Diseño		12.984,4		12.984,0
TOTAL COSTO FIJO ANUAL				185.722,3
COSTO DE OPERACION ANUAL POR HECTAREA				
	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Mano de obra	JH	6	2.200	13.200
Reparaciones	GI			31.123
Energía/1.-				67.200
TOTAL COSTOS OPERACION ANUAL				111.523

COSTO TOTAL ANUAL RIEGO (\$/HA)
(US\$/HA)

297.245
743,11

1.- 10 HP consume 7 Kw/hr \$ 20/kw/hr.

Cuadro 6. *Inversión y costos de riego por cintas, elevación aguas, para una superficie de 15 hectáreas.*

INVERSIONES	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Bomba 10HP 10 lt/seg	GL			450.000
Tubería PVC diam.90 mm clase 4	m	100	1.282	128.200
Tubería PVC diam.75 mm clase 6	m	250	727	181.750
Tubería PVC diam.63 mm clase 6	m	1.300	635	825.500
Cinta de riego	m	55.000	37	2.585.000
Filtro malla 2" c/válvula	u	1	60.000	60.000
Filtro arena	u	2	315.000	630.000
Interconexiones hidráulica	GL			400.000
Inyector de fertilizante 1"	u	1	80.000	65.000
Válvulas	u	8	54.000	432.000
Fittings	GL			450.000
Caseta protectora	GL			150.000
Programador	U	1	130.000	130.000
Tablero y Conexiones eléctricas	GL			750.000
Cable eléctrico	m	2.000	130	260.000
Trasporte	GL			190.000
Topografía y estudio de suelo	GL			180.000
Total inversiones directas				7.867.450
Gastos Generales e Imprevistos (15%)				1.180.117
Diseño e instalación 12% inversión				944.054
TOTAL DE INVERSION				9.991.661
TOTAL DE INVERSION/HA			666.110	

Observación: En el presente análisis no se han incluido los costos de la conexión a la línea eléctrica, ya que varía para cada caso particular.

Cuadro 6. Inversión y costos de riego por cntas, elevación agua, para una superficie de 15 hectáreas. (Continuación)

COSTO FIJO ANUAL POR HECTAREA				
	DEPREC.	INTERES	SUBTOTAL \$	
Bomba 10HP 10 lt/seg	1.500,0	3.600,0	5.100,0	
Tubería PVC diam.90 mm clase 4	474,8	1.025,5	1.500,3	
Tubería PVC diam.75 mm clase 6	673,1	1.453,9	2.127,0	
Tubería PVC diam.63 mm clase 6	3.057,4	6.604,0	9.661,4	
Cinta de riego	28.722,0	10.340,0	39.062,0	
Filtro malla 2" c/válvula	800,0	480,0	1.280,0	
Filtro arena	2.800,0	5.040,0	7.840,0	
Interconexiones hidráulicas	1.481,4	3.199,9	4.681,3	
Inyector de fertilizante 1"	533,3	640,0	1.173,3	
Válvulas	1.920,0	3.456,0	5.376,0	
Fittings	1.666,7	3.600,0	5.266,7	
Caseta protectora	500,0	1.200,0	1.700,0	
Programador	577,7	1.039,9	1.617,6	
Tablero y Conexiones eléctricas	3.333,3	6.000,0	9.333,3	
Cable eléctrico	1.155,5	2.080,0	3.235,5	
Transporte		1.519,0	1.519,9	
Topografía y estudio de suelo		1.440,0	1.440,0	
Diseño		12.984,4	12.984,0	
TOTAL COSTO FIJO ANUAL			114.898,7	
COSTO DE OPERACION ANUAL POR HECTAREA				
	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	SUBTOTAL \$
Mano de obra	JH	6	2.200	13.200
Reparaciones	GI			31.123
Energía/1.-				67.200
TOTAL COSTOS OPERACION ANUAL				111.523
COSTO TOTAL ANUAL RIEGO (\$/HA)				226.421
(US\$/HA)				566,05

1.- 10 HP consume 7 Kw/hr \$ 20/kw/hr.

A N E X O

5

**ANALISIS
TECNICO
ECONOMICO DE LA
INCORPORACION
DE RIEGO**

El análisis técnico económico se realizó por el método del margen bruto, o sea, valorando el incremento de la producción, al pasar de una condición de seco a riego. El margen bruto debía pagar las inversiones en riego y los costos de operación, y generar una rentabilidad adicional para el cultivo.

Considerando que las inversiones en riego son de largo plazo, el análisis fue realizado para un período de 15 años.

A continuación se presentan para cada cultivo, los antecedentes utilizados en la evaluación económica.

Arándano

El análisis de factibilidad económica del cultivo se realizó con datos obtenidos hasta el quinto año por el proyecto de investigación "Investigación y aplicación del riego artificial en cultivos, regiones IX y X", realizado por el Convenio INIA-CORFO. En los años siguientes se utilizó información generada por otros proyectos del INIA.

Se analizaron los agroclimas Angol, Carillanca y Loncoche, que son los que presentan el mayor potencial productivo para esta especie.

Los niveles de producción utilizados en el análisis se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rendimiento de arándano utilizado en el análisis de factibilidad económica.

Agroclima	RENDIMIENTO (kg/ha)					
	Angol		Carillanca		Loncoche	
	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego
Año						
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	80	1500	93	1000	1160	1000
4	192	3200	241	2600	416	2600
5	300	5000	372	4000	670	4000
6	408	6800	511	5500	880	5500
7	450	7500	660	7100	1136	7100
8	510	8500	740	8000	1280	8000
9-15	510	8500	740	8000	1280	8000

Fuente: Elaborado en base al Proyecto Aplicación del riego en la IX Región. Convenio INIA - CORFO

El mercado de exportación es el principal destino de la producción chilena de arándano. A la agroindustria se destina un porcentaje de la fruta producida de calidad no exportable. En el Cuadro 2 se presenta el destino de la producción de arándano en Chile.

Cuadro 2. Destino de la producción de arándano.

AÑO	EXPORTACION	IQF	PULPA
	FRUTA FRESCA		
	%	%	%
1	0	0	0
2	0	0	0
3	95	5	5
4	90	5	5
5	85	10	5
6	80	15	5
7	70	20	10
8	70	20	10
9-15	70	20	10

Fuente: Dinamarca, P., 1992 Rentabilidad del arándano alto en Chile.

IQF = Congelado individual de fruta

En base a antecedentes de mercado, se utilizó un precio de US\$ 5/kg de retorno productor en fruta de exportación, US\$ 0,8/kg para IQF y US\$ 0,5/kg en fruta para pulpa.

Espárrago

El análisis de factibilidad económica se realizó con datos obtenidos en esta investigación hasta el cuarto año de la plantación (segunda cosecha). Para los años siguientes se utilizó información de la Estación Experimental Carillanca para los rendimientos en condiciones de riego. La producción sin riego fue estimada en base a los antecedentes del proyecto "Aplicación del Riego en la IX Región".

Se analizaron los agroclimas Angol, Carillanca, Loncoche y Vilcún.

Los niveles productivos utilizados en el estudio se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rendimiento de espárrago utilizado en el análisis de factibilidad económica.

RENDIMIENTO (kg/ha)								
Agroclima	Angol		Carillanca		Loncoche		Vilcún	
	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	250	1200	350	1000	450	1000	600	1000
4	780	3800	910	3000	1300	3000	2000	3000
5-10	1600	8500	2100	7000	3100	7000	4500	7000
11-15	1260	7000	2275	6500	2925	6500	4000	6500

Fuente: Elaborado en base al Proyecto Aplicación del Riego en la IX Región.
Convenio INIA - CORFO

El destino de la producción considerado en el análisis es de 50% exportación en fresco, 35% a IQF y 15% a la comercialización en el país. Los precios para estos productos fueron de US\$ 1/kg para el exportado en fresco, US\$ 0,75/kg para IQF y US\$ 0,3/kg para el espárrago destinado al mercado interno. Además, se consideró que el aumento de la producción por riego debía pagar las inversiones que alcanzan a US\$ 5.000/ha, sin incluir el valor del suelo.

Frambueso

Los niveles productivos utilizados en el análisis se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimiento de frambueso utilizado en el análisis de factibilidad económica.

RENDIMIENTO (kg/ha)								
Agroclima	Angol		Carillanca		Loncoche		Vilcún	
	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego
1	0.35	3.50	0.75	3.00	0.90	3.00	0.50	1.00
2	1.20	6.00	2.45	5.00	2.80	5.00	1.92	3.50
3-10	2.85	11.00	3.40	8.50	4.80	8.50	4.95	7.50
10-15	2.12	7.00	3.00	7.00	4.10	7.00	3.96	6.00

Se analizaron los agroclimas Angol, Carillanca, Loncoche y Vilcún.

El destino de la producción está orientado fuertemente hacia la industrialización de la fruta y aprovechando ventanas de buenos precios para realizar exportación en fresco. El destino de la fruta utilizado en este análisis se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Destino de la producción de frambuesa.

EXPORTACION			
AÑO	FRUTA FRESCA	IQF	BLOCK
	%	%	%
1	10	50	40
2	10	50	40
3-10	10	50	40
11-15	10	50	40

Fuente: Elaborado en base a antecedentes de exportadores de la IX Región.

Los precios de los productos fueron obtenidos de productores y exportadores de la región y son de US\$ 1,2/kg para la fruta exportada en fresco, US\$ 0,75/kg para IQF y de US\$ 0,2 para la congelada en block.

Pradera

El análisis de factibilidad técnico económica de incorporación del riego en pradera, se realizó valorando la producción como leche, para lo cual se utilizó un valor de conversión de 1,15:1, es decir, se requiere 1,15 kg de materia seca de la pradera, para producir un litro de leche. Este antecedente se obtuvo de las investigaciones realizadas en la Estación Experimental Carillanca.

El análisis se realizó en Agroclima Angol, Carillanca, Loncoche y Vilcún.

El litro de leche fue valorado en \$ 71 (pesos reales de diciembre 1992) que es el precio promedio ponderado más bajo obtenido por los agricultores en los últimos seis años, (Boletín de la leche, ODEPA).

Cuadro 6. Rendimientos utilizados en el análisis de factibilidad económica de pradera trébol blanco - ballica en la IX Región.

AGROCLIMA	RENDIMIENTO (ton m.s./ha)	
	SIN RIEGO	CON RIEGO
Angol	3.50	12.0
Carillanca	4.77	12.0
Loncoche	6.34	12.0
Vilcún	5.72	9.0

Remolacha

Los datos de producción se han obtenido de los ensayos realizados en Carillanca y de información proporcionada por IANSA para las áreas agroclimáticas Angol, Carillanca, Loncoche y Vilcún.

Los niveles de producción usados en el estudio son indicados en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Rendimientos utilizados en el análisis de factibilidad económica de remolacha en la IX Región.

AGROCLIMA	RENDIMIENTOS RAICES LIMPIAS (ton/ha)	
	SIN RIEGO	CON RIEGO
Angol	25.3	70.0
Carillanca	38.5	70.0
Loncoche	51.8	70.0
Vilcán	53.9	60.0

Se utilizó un precio de US\$ 50/ton de raíz limpia para el análisis.



A N E X O

6

**PAUTAS DE RIEGO
DE LOS
CULTIVOS
DE LA IX REGION**

Pautas de Riego Agroclima Angol
Arándano 1 año

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	10.9	14.5	14.5	14.5	14.5
Frecuencia de riego (días)	0	30	15	8	9	24
Número de riegos	0	1	2	4	3	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	8.1	10.4	10.4	10.4	10.4
Frecuencia de riego (días)	0	27	10	6	6	17
Número de riegos	0	1	3	5	4	2
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0
Frecuencia de riego (días)	0	23	9	5	5	15
Número de riegos	0	1	3	6	5	2

Pautas de Riego Agroclima Angol
Arándano 2 año

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	17.9	20.4	20.4	20.4	20.4
Frecuencia de riego (días)	0	30	14	9	10	26
Número de riegos	0	1	2	4	3	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
Frecuencia de riego (días)	0	19	8	5	6	15
Número de riegos	0	2	4	6	5	2
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	10.6	12.3	12.3	12.3	12.3
Frecuencia de riego (días)	0	18	8	5	6	15
Número de riegos	0	2	4	6	5	2

Pautas de Riego Agroclima Angol
Arándano 3 año

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4
Frecuencia de riego (días)	0	30	13	8	8	22
Número de riegos	0	1	2	4	3	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
Frecuencia de riego (días)	0	30	8	5	5	13
Número de riegos	0	1	4	7	6	2
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
Frecuencia de riego (días)	0	18	8	5	5	13
Número de riegos	0	2	4	7	6	2

Pautas de Riego Agroclima Angol
Espárrago

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	85.2	85.2	85.2	85.2
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	19	19	31
Número de riegos	0	0	1	2	1	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	78.7	78.7	78.7	78.7
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	17	18	35
Número de riegos	0	0	1	2	2	1
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
Frecuencia de riego (días)	0	30	23	9	9	18
Número de riegos	0	1	1	3	3	2

**Pautas de Riego Agroclima Angol
Frambueso**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	15	15	31
Número de riegos	0	1	1	2	2	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	46.1	46.1	46.1	46.1	46.1
Frecuencia de riego (días)	0	30	23	12	12	24
Número de riegos	0	1	1	3	2	1
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4
Frecuencia de riego (días)	0	28	17	9	8	18
Número de riegos	0	1	2	4	3	2

**Pautas de Riego Agroclima Angol
Pradera**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8
Frecuencia de riego (días)	30	15	10	6	7	13
Número de riegos	1	2	3	5	4	2
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1
Frecuencia de riego (días)	24	10	7	4	5	9
Número de riegos	1	3	5	7	6	4
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
Frecuencia de riego (días)	26	12	77	5	5	23
Número de riegos	1	3	4	7	5	3

Pautas de Riego Agroclima Angol
Remolacha

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	34.6	50.6	59.3	59.3	59.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	17	13	14	25
Número de riegos	0	1	2	2	2	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	23.8	30.5	46.1	46.1	46.1
Frecuencia de riego (días)	0	29	10	10	11	20
Número de riegos	0	1	3	3	3	2
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	20.5	30.3	33.4	33.4	33.4
Frecuencia de riego (días)	0	25	10	7	8	14
Número de riegos	0	1	3	4	4	2

Pautas de Riego Agroclima Angol
Maíz

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	12.0	34.0	85.2	85.2	85.2
Frecuencia de riego (días)	0	30	18	19	20	27
Número de riegos	0	1	2	2	1	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	7.72	23.8	78.7	78.7	78.7
Frecuencia de riego (días)	0	21	13	17	18	31
Número de riegos	0	1	2	2	2	1
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	7.5	20.5	40.5	40.5	40.5
Frecuencia de riego (días)	0	21	11	9	9	21
Número de riegos	0	1	3	4	3	1

Pautas de Riego Agroclima Angol
Poroto

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	24.2	29.9	34.0	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	13	10	13	0	0
Número de riegos	0	2	3	2	0	0
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	14.9	15.9	23.8	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	7	6	9	0	0
Número de riegos	0	4	6	3	0	0
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	15.0	17.7	20.5	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	8	6	8	0	0
Número de riegos	0	4	5	4	0	0

Pautas de Riego Agroclima Angol
Papa

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Angol						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	34.0	59.3	59.3	59.3	59.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	23	14	15	30
Número de riegos	0	1	1	2	2	1
Serie de suelo : Tijeral						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	23.8	33.4	33.4	33.4	33.4
Frecuencia de riego (días)	0	27	13	8	8	18
Número de riegos	0	1	2	4	3	2
Serie de suelo : Metrenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	20.5	33.4	33.4	33.4	33.4
Frecuencia de riego (días)	0	23	13	8	8	18
Número de riegos	0	1	2	4	3	2

**Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Arándano 1 año**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	7.1	9.5	9.5	9.5	9.5
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	8	11	31
Número de riegos	0	1	1	4	3	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	5.3	6.4	6.4	6.4	6.4
Frecuencia de riego (días)	0	30	22	6	7	23
Número de riegos	0	1	1	5	4	1
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	11.3	15.0	15.0	15.0	15.0
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	13	17	31
Número de riegos	0	0	1	2	2	1

**Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Arándano 2 año**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	11.9	14.3	14.3	14.3	14.3
Frecuencia de riego (días)	0	24	17	8	11	31
Número de riegos	0	1	2	4	3	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	7.5	8.6	8.6	8.6	8.6
Frecuencia de riego (días)	0	15	10	5	7	20
Número de riegos	0	2	3	6	4	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	18.0	20.5	20.5	20.5	20.5
Frecuencia de riego (días)	0	30	25	12	16	31
Número de riegos	0	1	1	3	2	1

**Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Arándano 3 año**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3
Frecuencia de riego (días)	0	23	15	7	9	27
Número de riegos	0	1	2	4	3	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
Frecuencia de riego (días)	0	23	9	4	5	16
Número de riegos	0	1	4	7	5	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
Frecuencia de riego (días)	0	30	21	11	13	31
Número de riegos	0	1	1	3	2	1

**Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Espárrago**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	70.3	70.3	70.3	70.3
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	19	22	31
Número de riegos	0	0	1	2	1	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6
Frecuencia de riego (días)	0	26	23	8	9	18
Número de riegos	0	1	1	4	3	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	75.5	75.5	75.5	75.5
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	21	24	31
Número de riegos	0	0	1	2	1	1

Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Frambueso

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	47.3	47.3	47.3	47.3	47.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	16	16	31
Número de riegos	0	1	1	2	2	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6
Frecuencia de riego (días)	0	19	15	7	8	17
Número de riegos	0	2	2	4	4	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	18	20	31
Número de riegos	0	1	1	2	1	1

Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Pradera

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7
Frecuencia de riego (días)	29	13	10	7	9	16
Número de riegos	1	2	3	4	3	2
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
Frecuencia de riego (días)	16	8	6	4	5	9
Número de riegos	2	4	6	8	6	3
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3
Frecuencia de riego (días)	31	18	13	9	11	22
Número de riegos	1	2	2	3	2	1

Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Remolacha

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	23.8	39.6	47.3	47.3	47.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	15	13	15	28
Número de riegos	0	1	2	2	2	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	17.3	22.6	22.6	22.6	22.6
Frecuencia de riego (días)	0	23	8	6	7	14
Número de riegos	0	1	4	5	4	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	35	50.5	56.4	56.4	56.4
Frecuencia de riego (días)	0	30	19	16	18	31
Número de riegos	0	1	2	2	2	1

Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Maíz

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	7.9	23.8	70.3	70.3	70.3
Frecuencia de riego (días)	0	30	17	31	22	31
Número de riegos	0	1	2	0	1	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	5.8	17.3	22.6	22.6	22.6
Frecuencia de riego (días)	0	25	13	6	7	17
Número de riegos	0	1	2	5	4	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	12.5	35.0	75.5	75.5	75.5
Frecuencia de riego (días)	0	30	25	20	24	31
Número de riegos	0	1	1	2	1	1

Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Poroto

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	15.9	19.8	23.8	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	8	8	12	0	0
Número de riegos	0	4	4	3	0	0
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	10.6	12.5	17.3	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	6	5	9	0	0
Número de riegos	0	6	6	3	0	0
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	25.1	30.1	35.0	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	12	12	18	0	0
Número de riegos	0	2	3	2	0	0

Pautas de Riego Agroclima Carillanca
Papa

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : Victoria						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	23.8	47.3	47.3	47.3	47.3
Frecuencia de riego (días)	0	28	21	14	17	31
Número de riegos	0	1	1	2	2	1
Serie de suelo : Perquenco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	17.3	22.6	22.6	22.6	22.6
Frecuencia de riego (días)	0	21	10	6	8	18
Número de riegos	0	1	3	5	4	2
Serie de suelo : Temuco						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	35.0	56.4	56.4	56.4	56.4
Frecuencia de riego (días)	0	30	25	16	20	31
Número de riegos	0	1	1	2	1	1

**Pautas de Riego Agroclima Loncoche
Arándano 1 año**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	11.5	11.5	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	10	28	0
Número de riegos	0	0	0	3	1	0
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	8.1	8.1	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	7	28	0
Número de riegos	0	0	0	5	1	0
Serie de suelo : Vilecún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	14.0	14.0	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	12	28	0
Número de riegos	0	0	0	3	1	0
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	16.5	0	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	14	0	0
Número de riegos	0	0	0	2	0	0

Arándano 2 año

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de sSuelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	15.6	15.6	15.6
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	8	19	31
Número de riegos	0	0	0	4	1	1
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	14.5	14.5	14.5
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	8	18	31
Número de riegos	0	0	0	4	2	1
Serie de suelo : Vilecún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	21.4	21.4	21.4
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	11	26	31
Número de riegos	0	0	0	3	1	0
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	24.8	24.8	24.8
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	13	28	31
Número de riegos	0	0	0	2	1	0

**Pautas de Riego Agroclima Loncoche
Arándano 3 año**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	15.6	15.6	15.6
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	7	13	31
Número de riegos	0	0	0	4	2	1
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	14.5	14.5	14.5
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	7	12	31
Número de riegos	0	0	0	5	2	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	21.4	21.4	21.4
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	10	18	31
Número de riegos	0	0	0	3	2	1
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	24.8	24.8	24.8
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	12	20	31
Número de riegos	0	0	0	3	1	1

Espárrago

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	37.1	37.1	37.1
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	9	12	20
Número de riegos	0	0	0	3	2	2
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	68.6	68.6	68.6
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	17	22	31
Número de riegos	0	0	0	2	1	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	67.9	67.9	67.9
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	17	22	31
Número de riegos	0	0	0	2	1	1
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	91.4	91.4	91.4
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	23	28	31
Número de riegos	0	0	0	1	1	1

**Pautas de Riego Agroclima Loncoche
Frambueso**

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar.
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	37,5	37,5	37,5
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	11	14	26
Número de riegos	0	0	0	34	2	1
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	46,9	46,9	22,6
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	14	17	32
Número de riegos	0	0	0	2	2	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	67,9	67,9	67,9
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	21	25	31
Número de riegos	0	0	0	2	1	1
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	71,8	71,8	71,8
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	22	26	31
Número de riegos	0	0	0	1	1	1

Pradera

	Oct	Nov	Dic	Ene	Fcb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	29,7	29,7	29,7	29,7	29,7	29,7
Frecuencia de riego (días)	31	17	17	6	8	13
Número de riegos	1	2	2	5	3	2
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8
Frecuencia de riego (días)	31	20	20	7	9	15
Número de riegos	1	2	2	4	3	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1
Frecuencia de riego (días)	0	26	27	10	12	20
Número de riegos	0	1	1	3	2	2
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	10	14	31
Número de riegos	0	1	1	3	2	1

Pautas de Riego Agroclima Loncoche
Remolacha

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	37.5	37.5	37.5	37.5	
Frecuencia de riego (días)	0	30	10	12	19	31
Número de riegos	0	1	3	2	2	
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	40.9	46.9	46.9	46.9	22.6
Frecuencia de riego (días)	0	31	12	16	24	
Número de riegos	0	1	3	2	1	
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	54.9	67.9	67.9	67.9	
Frecuencia de riego (días)	0	31	17	23	31	
Número de riegos	0	1	2	1	1	
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	63.3	71.8	71.8	71.8	
Frecuencia de riego (días)	0	31	18	24	31	
Número de riegos	0	1	2	1	1	

Pautas de Riego Agroclima Loncoche
Maíz

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo: B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	25.3	37.5	37.5	37.5
Frecuencia de riego (días)	0	0	11	9	12	26
Número de riegos	0	0	3	3	2	1
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	30	68.6	68.6	68.6
Frecuencia de riego (días)	0	0	15	17	22	31
Número de riegos	0	0	2	2	1	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	35.7	67.9	67.9	67.9
Frecuencia de riego (días)	0	0	16	17	22	30
Número de riegos	0	0	2	2	1	1
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	41.3	91.4	91.4	91.4
Frecuencia de riego (días)	0	0	18	23	30	30
Número de riegos	0	0	2	1	1	1

Pautas de Riego Agroclima Loncoche
Papa

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	25.3	37.5	37.5	37.5	37.5
Frecuencia de riego (días)	0	22	30	10	14	27
Número de riegos	0	1	1	3	2	1
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	24.1	46.9	46.9	46.9	46.9
Frecuencia de riego (días)	0	21	30	12	18	31
Número de riegos	0	1	1	2	2	1
Serie de suelo : Vilkún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	35.7	67.9	67.9	67.9	67.9
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	18	25	30
Número de riegos	0	1	1	2	1	1
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	41.3	71.8	71.8	71.8	71.8
Frecuencia de riego (días)	0	30	31	19	27	31
Número de riegos	0	1	1	2	1	1

Pautas de Riego Agroclima Vilkún
Espárrago

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	37.1	37.1	37.1	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	30	17	20	0
Número de riegos	0	0	1	2	1	0
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	68.6	68.6	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0
Serie de suelo : Vilkún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	67.9	67.9	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	91.4	91.4	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0

Pautas de Riego Agroclima Vilcún
Frambueso

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	37.5	37.5	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	21	23	0
Número de riegos	0	0	0	1	2	0
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	46.9	46.9	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	26	29	0
Número de riegos	0	0	0	1	2	0
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	67.9	67.9	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	71.8	71.8	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0

Pautas de Riego Agroclima Vilcún
Pradera

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	29.7	29.7	29.7	29.7
Frecuencia de riego (días)	0	0	24	11	13	26
Número de riegos	0	0	1	3	2	1
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	34.8	34.8	34.8	34.8
Frecuencia de riego (días)	0	0	28	13	15	30
Número de riegos	0	0	1	2	2	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	46.1	46.1	46.1	46.1
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	17	20	30
Número de riegos	0	0	1	2	1	1
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	50.3	50.3	50.3	50.3
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	18	22	31
Número de riegos	0	0	1	2	1	1

Pautas de Riego Agroclima Vilcún
Remolacha

	Oct	Nov	Dic	Enc	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	37.5	37.5	37.5	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	17	21	30	0
Número de riegos	0	0	1	2	1	0
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	46.9	46.9	46.9	22.6
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	22	26	31
Número de riegos	0	0	1	1	1	1
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	67.9	67.9	67.9	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	31	31	28	0
Número de riegos	0	0	1	1	1	0
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	71.8	71.8	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0

Pautas de Riego Agroclima Vilcún
Papa

	Oct	Nov	Dic	Enc	Feb	Mar
Serie de suelo : B. Arana						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	37.5	37.5	37.5	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	18	24	31	0
Número de riegos	0	0	1	2	1	0
Serie de suelo : Pemehue						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	33.4	33.4	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	22	30	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0
Serie de suelo : Vilcún						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	33.4	33.4	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0
Serie de suelo : Freire						
Lámina neta a reponer por riego (mm)	0	0	0	37.5	37.5	0
Frecuencia de riego (días)	0	0	0	31	28	0
Número de riegos	0	0	0	1	1	0

BIBLIOGRAFIA CONSULTADADA

- COMISION NACIONAL DE RIEGO. 1991. *Ley 18.450 de fomento al riego y drenaje. Comisión Nacional de Riego. Santiago, Chile. 56 p.*
- DOORENBOS, J. y KASSAM, A. H. 1979. *Efecto de agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO . Roma. Estudios FAO. Serie Riego y Drenaje N° 33. 212p.*
- FUENTES, Y., J.L. 1992. *Técnicas de riego. Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) . Madrid , España. 352p.*
- GRASSI, J., CARLOS. 1972. *Diseño y operación del riego por superficie. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras.(CIDIAT) . Mérida, Venezuela 414 p.*
- JARA , R., J., HOLZAPFEL, H., E. y VALENZUELA A.,A. 1987. *Diseño de métodos de riego: Información básica. Universidad de Concepción. Departamento de Ingeniería Agrícola Chillán, Chile. Boletín de Extensión N° 25 . 149 p.*
- NOVOA, R Y VILLASECA, S. (ed) 1989. *Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 221 p y planos.*
- QUIROGA, T., GUILLERMO 1987. *Investigación en Tecnologías de Riego. Informe Final Proyecto FNDR. INIA. Estación Experimental Carillanca. Programa Riego y Drenaje. Temuco, Chile.*
- VARAS, B., EDMUNDO. 1991. *Tecnologías de Riego. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Estación Experimental Quilamapu. Chillán, Chile. 109 p.*
- VARAS, B., EDMUNDO. 1989. *Rentabilidad del riego En: Maldonado, I. (ed) Seminario Internacional de Riego y Drenaje. Chillán 23-24 Agosto 1989, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile. Serie Quilamapu N° 15. p 139-161,*
- VALENZUELA, A., A. Y JARA R., J. 1977 *Guía de laboratorio "Fundamentos de Riego y Drenaje" Universidad de Concepción. Departamento de Ingeniería Agrícola. Chillán, Chile. 115 p.*