

CNR-0411

CHILE LO
HACEMOS
TODOS

Gobierno de Chile

yo
cuido
el agua

Manual de Adaptación al Cambio Climático en la Pequeña Agricultura - Zona Centro -



**Manual de Adaptación
al Cambio Climático
en la Pequeña Agricultura
Zona Centro**



Este manual ha sido elaborado en el marco del PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA ÁREAS VULNERABLES EN LA PEQUEÑA AGRICULTURA EN RIEGO, ZONA CENTRO desarrollado por la Comisión Nacional de Riego y está dirigido a agentes de extensión.

Equipo Técnico

Carolina Rebolledo Luna

Ingeniero Civil Agrícola
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Felipe De la Hoz Mardones

Ingeniero Civil Agrícola, Dr.
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Eduardo Holzapfel Hoces

Ingeniero Agrónomo, PhD.
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Jorge Jara Ramírez

Ingeniero Agrónomo, PhD.
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Mauricio Ortiz

Ingeniero Agrónomo, PhD.
Centro de Estudios Avanzados en Fruticultura
(CEAF)

Luis Gálvez

Ingeniero Civil Agrícola
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Benjamín Henríquez

Ingeniero Civil Agrícola
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Cristian Gaete

Técnico Agrícola
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción

Supervisores del programa:

Roberto Fuentes L.

Profesional División de Estudios, Desarrollo y políticas

Cristian Navarrete

Profesional División de Estudios, Desarrollo y políticas

La ejecución del programa y la elaboración de este material de apoyo a la capacitación ha sido desarrollada por el Programa Centro del Agua para la Agricultura de la Universidad de Concepción.

Índice de Contenidos

PRESENTACIÓN	13
ASPECTOS GENERALES	15
Clima en Chile	15
Distritos agroclimáticos del área del programa	16
Fuentes y disponibilidad de agua	24
Cambio Climático en Chile: Situación actual, tendencias e impactos en el mediano plazo	25
Características de la pequeña agricultura de la zona central de Chile	26
Cultivos principales y prácticas culturales	26
 Región Metropolitana	27
 Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	30
 Región del Maule	34
 Regiones de Ñuble y Biobío	37
Competitividad de la agricultura y sus desafíos	40
ESTRATEGIAS Y ACCIONES PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO	41
Aumento en la disponibilidad y uso eficiente de agua	41
Infraestructura extrapredial	41
Infraestructura intrapredial	45
Tecnificación del riego	50
Manejo y programación del riego	59
Manejo en condiciones de baja disponibilidad de recursos hídricos	64
Selección de variedad, especie y periodo de cultivos para enfrentar periodos de carencia hídrica	65
Cultivos tolerantes a déficit hídrico	65
Cultivos de bajo requerimiento hídrico	65
Cultivos de periodos de desarrollo corto	70

Cultivos de otoño - invierno	73
Cultivos tempranos	74
Cultivos asociados y doble cultivo	75
Cobertores para inducir precocidad	76
Reducción de la demanda de agua de riego	
Mulch	77
Cortinas y/o mallas sombreadoras	78
Corta vientos	78
Cultivo en invernaderos	79
Conclusiones	89

Índice de Tablas

<u>Tabla N°1.</u>	Valores referenciales de requerimientos de acumulación de frío invernal de las principales variedades de frutales presentes en las Regiones del programa y los requerimientos de acumulación de Grados Día para alcanzar madurez.	16
<u>Tabla N°2.</u>	Distritos Agroclimáticos para el área de estudio (RM, VI, VII, VIII y XVI). Fuente: elaboración propia basado en Santibáñez (2017).	18
<u>Tabla N°3.</u>	Ejemplo de tabla de caudales en función de la altura de escurrimiento en vertedero triangular.	43
<u>Tabla N°4.</u>	Ejemplo de tabla de caudales en función de la altura de escurrimiento en canoa Samani - Magallanez.	44
<u>Tabla N°5.</u>	Valores sugeridos de caudal máximo por surco y largo de surco para diferentes condiciones de pendiente, textura de suelo, y lámina de riego aplicar.	51
<u>Tabla N°6.</u>	Espaciamiento entre regueras en función de la pendiente.	53

<u>Tabla N°7.</u>	Evapotranspiración potencial o de referencia (ETp) para el mes de máxima demanda (enero).	55
<u>Tabla N°8.</u>	Coeficientes de cultivo referenciales (Kc) para el mes de máxima demanda (enero).	57
<u>Tabla N°9.</u>	Tensiones máximas indicativas para diferentes cultivos.	60
<u>Tabla N°10.</u>	Cuadro resumen de caso ejemplo.	63
<u>Tabla N°11.</u>	Períodos críticos de algunos frutales en que el agua no puede faltar.	64
<u>Tabla N°12.</u>	Sugerencia de rotaciones de cultivo por región y zona.	76

Índice de Figuras

Figura N°1.	Tiempos de corte y distribución de agua.	52
Figura N°2.	Valores de referencia para inicio de riego según textura de suelo.	61
Figura N°3.	Instalación de Tensiómetro.	61

Índice de Imágenes

Imagen N°1:	Asociación de cultivos de brócoli con lechuga.	75
-------------	--	----

PRESENTACIÓN

El presente Manual tiene como objetivo entregar herramientas básicas, a través de los agentes de extensión, para la adaptación al cambio climático de los pequeños productores de la agricultura familiar campesina.

El Cambio Climático se define como la variación en la composición de la atmósfera mundial, atribuida a la directa o indirectamente a la actividad humana, lo cual incide en el comportamiento de la variabilidad natural del clima.

El Cambio Climático es de gran preocupación ahora y su evolución en el futuro, lo cual afecta notoriamente el desarrollo de la pequeña agricultura o agricultura familiar campesina. Entre los efectos más notorios entre la región Metropolitana a la del Biobío, se encuentran la disminución de las precipitaciones, cambio en los patrones de distribución de éstas, reducción de la acumulación de nieve por el aumento en altura de la isoterma 0°C (entiéndase como la altura donde comienza la acumulación de nieve en la cordillera), reducción de los caudales de cordillera, reducción de los niveles freáticos, con mayor impacto en las zonas de secano desde la sexta a octava región, dado que las precipitaciones corresponden a la principal fuente de recarga de los acuíferos. Otro efecto importante es el aumento de las temperaturas, generando incrementos en las demandas de agua por los cultivos, aumento de las intensidades de viento y con ello también eventos extremos de estos, los cuales generan daños importantes en los cultivos por quebradura de ramas y el levantamiento de polvo que termina sobre la fruta.

Todos los impactos antes mencionados, demandan la implementación de estrategias y acciones que permitan adaptarse a estas nuevas condiciones climáticas, las cuales pueden agravarse con el tiempo generando mayores impactos en la pequeña agricultura.

El presente manual está enfocado a entregar algunas prácticas para manejo eficiente del agua de riego, así como estrategias de manejo de los cultivos en condiciones de déficit hídrico.

Por lo anterior, la Comisión Nacional de Riego ha elaborado este Manual para ayudar a los pequeños agricultores a tomar las mejores decisiones en un escenario climático cambiante. Los agentes de extensión del INDAP que atienden y asesoran a los pequeños productores, debieran ser los receptores y transmisores de este conocimiento que, sin duda, los ayudará a tomar mejores decisiones técnicas y económicas en un escenario incierto en cuanto a clima.

ASPECTOS GENERALES

El desarrollo de la agricultura chilena se ha centrado en satisfacer los requerimientos de los mercados internacionales, los cuales demandan calidad y cantidad, exigiendo la implementación de tecnologías que permitan cumplir con estos requerimientos. Es importante destacar que el foco de este Manual es la pequeña agricultura, la cual hasta ahora, centra su comercialización principalmente en mercados locales y nacional, lo cual no la exime de la necesidad de implementar tecnologías y estrategias para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas.

Clima en Chile

Por las características topográficas variadas del país, el clima de Chile se ve notoriamente influenciado por factores como las corrientes atmosféricas y oceánicas, la latitud y la elevación sobre el nivel del mar. Los factores latitud, altura, dinámica atmosférica e influencia marítima controlan algunas de las variables básicas del clima. La latitud afecta a los elementos de presión atmosférica, vientos y precipitaciones, por efecto de las altas presiones producidas por el Anticiclón del Pacífico Sur, que se ubica sobre el Pacífico frente a la zona central del país, entre 25° S y 40° S. Esta característica determina la dirección predominante de los vientos, registrándose principalmente viento sur en la parte norte del país, viento suroeste desde la latitud de Rancagua hasta Concepción y vientos del oeste en la parte Austral. De la misma manera influye sobre la distribución de las precipitaciones identificándose una región desértica en el norte, una región de transición en la zona central (seco en verano, húmedo en invierno) y una región lluviosa en el sur.

La forma en que se combinan en cada región los elementos del clima y la intensidad con que son modificados por los diferentes factores, da lugar a que hayan variados tipos de climas. Los principales climas de Chile, según la clasificación de Köppen, son: por el norte climas secos subtropicales (áridos y semiáridos), en la mayor parte del territorio central presenta climas templados (cálidos y secos en verano y templado y lluvioso en invierno; en determinadas altitudes sobre la cordillera de los Andes se presenta el clima polar, que también corresponde al del territorio Chileno Antártico.

El área comprendida en el programa está entre la latitud 35° S a la 38° S, en la cual, su altura está determinada por dos cordilleras que son: la de Los Andes, con alturas entre 2.000 y 4.500 metros y la de La Costa con interrupciones y menores altitudes. Entre las dos cordilleras se desarrolla el valle central a partir de los 33° S y hasta sumergirse en el mar frente a Puerto Montt. La altitud representada por las grandes cadenas montañosas influye en los vientos, por obstrucción directa, canalizando los grandes flujos atmosféricos.

Las cordilleras también afectan la distribución de lluvias, lo cual genera una diferencia significativa en las magnitudes registradas en las zonas costeras y cordillerana en comparación a las zonas de secano. Este efecto se conoce como lluvias orográficas, las cuales consisten en que las nubes cargadas de humedad al ser impulsada por el viento, chocan contra la ladera de barlovento (laderas que enfrentan las nubes), y se producen copiosas lluvias en este sector; pero el sector de sotavento (ladera opuesta a barlovento) de las cordilleras queda protegido contra la irrupción de los sistemas de precipitación.

En las zonas costeras del área del programa, el mar modifica favorablemente la temperatura, generando un clima más suave. En los climas marítimos los inviernos son menos frío y los veranos más frescos.

Distritos agroclimáticos del área del programa

Un distrito agroclimático corresponde a un territorio climáticamente uniforme y que, consecuentemente, tiene similar potencial productivo y de riesgos agroclimáticos frente a las especies cultivadas. Los últimos trabajos de Zonificación de los Distritos Agroclimáticos consideran las variables de: temperatura máxima de enero, temperatura mínima de julio, horas frío, precipitación anual y elevación sobre el nivel del mar.

El potencial de uso de la información de los Distritos Agroclimáticos tiene relación con la elección de los cultivos mas idóneos para cada zona, tomando en consideración la sensibilidad a las heladas, lo cual se puede cruzar con el número promedio de heladas

anuales que se producen en cada zona, así como también el rango de temperaturas óptimo por cada cultivo. En el caso de los frutales, es importante conocer la disponibilidad de horas de frío de la zona donde está ubicado el predio, dado que la baja acumulación de frío puede generar problemas al momento de la floración y baja fertilidad en las yemas, afectando la producción. También es relevante la acumulación de Grados Días, lo cual describe la acumulación de energía requerida por el cultivo para alcanzar un estado fenológico de interés o simplemente la madurez. En la Tabla N°1, se presentan valores referenciales de requerimiento de Horas Frío (HF) y Grados Días (GD).

Tabla N°1. Valores referenciales de requerimientos de acumulación de frío invernal de las principales variedades de frutales presentes en las Regiones del programa y los requerimientos de acumulación de Grados Día para alcanzar madurez.

Especie	Variedad	Horas Frío (HF)	Grados Días (GD)
Almendro	Nonpareil	200 - 550	1.000 - 1.200
	Carmel	400	
Manzana Roja	Royal Gala	1.150	900 - 1.200
Manzana Verde	Granny Smith	600 - 800	

Especie	Variedad	Horas Frío (HF)	Grados Días (GD)
Cerezo	Bing	1.000 - 1.200	1.000 - 1.200
	Rainier	600 - 800	
	Royal Dawn	400 - 500	
	Santina	600 - 800	900 - 1.200
	Sweet Heart	800 - 1000	
	Van	700 - 1000	300 - 700
	Lapins	400 - 750	
Nectarín		500 - 1.000	400 - 800
Duraznero consumo fresco	Early Rich	750 - 850	450 - 800
	Elegant Lady	700 - 800	
	Rich Lady	650 - 700	
	Sweet september	850 - 980	
	Zee Lady	900 - 1000	
Duraznero	Andross	600 - 800	450 - 800
Nogal	Chandler10	700	1.300 - 1.700
	Serr	650	
Avellano Europeo		600 - 800	960 - 1.000
Peral		700 - 1.500	690 - 1.500
Arándano	O'Neal	990	650
	Brigitta	1250	930
Frambuesa		750 - 1.300	350 - 500
Vid		500 - 1.400	960 - 1.500
Uva de mesa	Flame Seedless	500 - 600	270 - 760
Pistacho	Kerman	800	2.700 - 3.000
	Aegina	700	
	Larnaca	700	

Otra información relevante tiene relación con los valores de déficit hídrico de cada zona agroclimática, la cual correspondería a los meses de primavera y verano, cuando la evapotranspiración potencial es superior a la precipitación registrada en cada uno de los meses, generando un valor total de Déficit Hídrico para cada zona, lo cual indicaría la relevancia de implementar cultivos de bajo requerimiento hídrico,

sistemas de riego de alta eficiencia y estrategias de reducción de demanda hídrica.

En la Tabla N°2 se se presenta un resumen de la zonificación de los Distritos Agroclimáticos presentados por Santibáñez (2017), para las regiones Metropolitana, Libertador Bernardo O'Higgins, Maule, Biobío y Ñuble.

Tabla N°2. Distritos Agroclimáticos para el área de estudio (RM, VI, VII, VIII y XVI).

Fuente: elaboración propia basado en Santibáñez (2017).

Distrito Agroclimático	Regiones	Localidades Incluidas	Temperaturas (°C)	
			Máxima	Mínima
Altos de Cantillana	RM, VI	Cerro Cantillana, Cerro El Escarpe, Cerro El Roble, Cerro Hornito, Cerro La Petaca, Cerro Las Vizcachas.	25,9	3,8
Angol	VIII	Angol, Bulnes, Cholchol, Galvarino, Laja, Lumaco, Negrete, Renaico, Rucapequén, Santa Juana, Tijeral.	27,8	4,2
Antuco	VII, VIII, XVI	Antuco, Las Minas del Prado, Pailahueque, Polcura, Punilla, Quilaco, Rucalhue, Ralco, Recinto, San Fabián del Alico, Selva Oscura, Tucapel, Villa Mercedes.	26,8	3,8
Caren	RM, VI	Carén, Cerro Huilmay, Cerro La Palma, Cerro Quillaiquen, Cerro Trincaco, Colliguay, Loica Arriba, Tapihue.	30,1	5,3
Cauquenes	VII, XVI	Cauquenes, El Maitén, Monquecura, Ninhue, Panguilemu, Portezuelo, Quillón, San Miguel.	29,5	5,0
Chillán	VIII, XVI	Cabrero, Capitán, Pastene, Chillán, Esperanza, Los Ángeles, Mulchen, Nacimiento, Paredones, Puren, Rapelco, Salto de Laja, San Rosendo, Yumbel.	29,5	3,5
Coihueco	VII, VIII, XVI	Canteras, Coihueco, Huepil, Nahueltoro, Pinto, Quilleco, Yungay.	28,7	3,4
Concepción	VIII	Arauco, Cañete, Chiguyante, Concepción, Coronel, Dichato, Hualpencillo, Lebu, Los Álamos, Lota, Puerto Saavedra, Talcahuano, Toma.	22,5	5,7
Constitución	VII, XVI	Buchupureo, Chanco, Cobquecura, Constitución, Los Pellines, Pelluhue, Santa Olga.	24,4	6,3
Curanilahue	VIII	Antihuala, Contulmo, Curanilahue, Florida, Hualqui, Pehuén, Rere.	25,1	5,8
Curepto	VI, VII	Curepto, El Maqui, El Rodeo, Las Higueras, Licantén, Nilahue, Paredones, Vichuquén.	26,7	5,4
Curico	VI, VII	Chimbarongo, Curicó, Lontué, Molina, Nancagua, Rauco, Sagrada Familia, Teno.	29,8	4,3
El Yeso	RM, VI	Cerro Altar, Cerro Cascajares, Cerro Catedral, Cerro Cenicero, Cerro Piuquenes, Cerro San Antonio, Embalse El Yeso, Farellones, Juncal, Sewell.	13,9	-3,9

Nº promedio de heladas anuales	Nº de meses favorables a la actividad vegetativa (meses)	Días Grado	Horas frío (hasta 31 de julio)	Precipitación media anual (mm)	Evapotranspiración Potencial (mm/año)	Deficit hídrico (mm/año)
20	7	1.166	985	543	1.417	1.022
10	9	1.541	815	1.000	1.372	777
23	7	1.123	1.101	1.884	1.347	528
5	9	1.840	448	483	1.475	1.087
6	9	1.754	557	816	1.472	947
17	9	1.606	949	1.035	1.378	789
23	7	1.433	1.023	1.393	1.386	693
3	9	1.185	443	1.135	1.136	465
2	11	1.362	303	920	1.271	726
4	9	1.266	452	1.587	1.180	475
5	11	1.569	423	638	1.325	914
12	9	1.706	743	656	1.457	1.034
291	0	135	1.800	747	1.415	953

Distrito Agroclimático	Regiones	Localidades Incluidas	Temperaturas (°C)	
			Máxima	Mínima
Empedrado	VII, XVI	Coelemu, Empedrado, Gualleco, Los Maquis, Quirihue, Ránquil, Santa Adela	27,1	5,7
Laguna del Maule	VII, XVI	Baños del Azufre, Cerro Azul, Cerro Las Lajas, Cerro Taguas, Lomas del Manzano, Volcán Chillan, Volcán Descabezado Grande, Volcán Quizapu.	14,1	-4,6
Leyda	RM	Cuncumén, La Manga, Las Acacias, Leyda, Lo Abarca, Los Maitenes, Puangue, Quinchahue, Yali.	26,2	5,4
Linares	VII, XVI	Buli, Campanario, Colbún, El Carmen, Linares, Panimavida, Pemuco, San Carlos, San Gregorio, San Ignacio.	29,1	3,5
Litueche	RM, VI	Cerro Curamahue, Cerro Piedra, Cerro Rodeo, Cerro Tanque, Cerro Zapallar, Espinillo, La Estrella, Litueche, Marchihue.	27,9	5,7
Lolol	VI, VII	Caune, Comalle, El Durazno, Hualañé, Huaquén, Lolol, Pumanque, Villa Prat.	29,7	5,2
Lonquimay	VII, VIII, XVI	Baños Campanario, Chacay, El Colorado, Guallali, Lonquimay, San Juan, Sierra Nevada, Villa Portales.	19,7	-1,1
Los Bronces	RM, VI	Cerro Cabeza del Inca, Cerro El Morado, Cerro Tordillo, Los Bronces, Volcán San José, Volcán Tinguiririca, Volcán Tupungatito.	4,9	-10,0
Los Lingues	VIII	Cerro Pitrufrquén, Cerro Ratones, El Pino, Los Lingues, Pico de Choroico.	27,7	5,3
Malalcahuello	VII, VIII, XVI	Icalma, La Mina, Liucura, Llanquén, Malalcahuello, Ralco, Termas de Chillán, Termas de Pemehue.	23,1	0,9
Melipilla	RM	Bollenar, Curacaví, El Monte, Isla de Maipo, Longovilo, María Pinto, Melipilla, San Pedro, Talagante.	29,5	4,6
Nahuelbuta	VIII	Agua Fresca, Casablanca, Cifuentes, Colonia Miraflores, La Paz, La Picada, Los Aromos, Paso Quila, Pillimpilli.	25,7	6,3

Nº promedio de heladas anuales	Nº de meses favorables a la actividad vegetativa (meses)	Días Grado	Horas frío (hasta 31 de julio)	Precipitación media anual (mm)	Evapotranspiración Potencial (mm/año)	Deficit hídrico (mm/año)
3	9	1.595	395	858	1.371	838
295	0	125	1.800	2.356	1.393	501
5	12	1.580	399	354	1.297	983
20	9	1.535	949	1.137	1.456	846
3	11	1.723	354	576	1.403	998
5	9	1.802	490	645	1.453	1.027
191	3	370	1.794	2.470	1.288	253
365	0	0	1.800	977	1.145	652
6	9	1.424	592	1.772	1.240	458
96	5	644	1.717	2.333	1.397	472
9	11	1.831	563	407	1.443	1.098
2	9	1.236	398	2.248	1.120	302

Distrito Agroclimático	Regiones	Localidades Incluidas	Temperaturas (°C)	
			Máxima	Mínima
Pichilemu	VI, VII	Bucalemu, Cahuil, Iloca, Llico, Matanzas, Navidad, Pichilemu, Punta de Lobos, Putú, Rapel.	23,7	6,5
Pucón	VIII	Lican Ray, Melipeuco, Pucón, Curarrehue, Llaime, Caburgua, Coñaripe, Panguipulli, Futrono.	22,8	3,0
Rancagua	VI	Codegua, Coinco, Doñiue, Graneros, Machalí, Malloa, Olivar, Pelequén, Quinta de Tilcoco, Rancagua, Rengo, Requinoa, San Francisco de Mostazal.	29,7	3,9
San Felipe	RM	Calle Larga, Chacabuco, Curimón, Huertos Familiares, Los Andes, Polpaico, Quilapilún, San Esteban, San Felipe, Santa María.	31,3	3,3
San Fernando	VI, VII	Cumpeo, La Rinconada, La Polcura, Pelarco, Romeral, San Clemente, San Fernando, San Rafael, Yervas Buenas, Rengo, Requinoa, San Francisco de Mostazal	29,6	3,8
San Gabriel	RM, VI, VII	Baños Morales, Guardia Vieja, La Alfalfa, Las Melosas, Los Cipreces, Los Maitenes, Peldehue, San Gabriel.	27,5	3,3
San Jose de Maipo	RM	El Canelo, El Ingenio, El Melocotón, Guayacán, La Obra, San Alfonso, San José del Maipo.	29,2	4,4
San Vicente de TaguaTagua	VI	Coltauco, El Salvador, Los Maitenes, Naranjal, Pataguas, Pencahue, Peumo, San Vicente de Tagua Tagua.	30,2	4,8
Santa Cruz	RM, VI	Chépica, Las Cabras, Palmilla, Pichidegua, Peralillo, Santa Cruz, Villa Alhué.	30,2	4,8
Santiago	RM	Buin, Colina, Lampa, Lo Barnechea, Lonquén, Paine, Peñaflor, Pirque, Puente Alto, Santiago, Tiltill.	30,4	3,8
Talca	VII, XVI	Longaví, Maule, Panguilemo, Parral, Pencahue, Retiro, San Javier, San Nicolás, Talca, Villa Alegre.	29,7	3,9
Tolguaca	VIII	Cerro Campanario, Parque Nacional Tolhuaca, Termas de Copahue, Volcán Antuco, Volcán Llaime, Volcán Lonquimay, Volcán Tolhuaca.	14,3	-3,2
Traiguén	VIII	Collipulli, El Avellano, El Parrón, Ercilla, Minico, Nancagua, Pelehue, Santa Bárbara, Santa Victoria, Traiguén.	26,0	4,1

Nº promedio de heladas anuales	Nº de meses favorables a la actividad vegetativa (meses)	Días Grado	Horas frío (hasta 31 de julio)	Precipitación media anual (mm)	Evapotranspiación Potencial (mm/año)	Deficit hídrico (mm/año)
1	12	1.375	249	616	1.213	828
38	7	735	1.402	2.544	1.082	156
15	9	1.777	714	567	1.471	1.072
21	12	2.066	689	259	1.534	1.286
16	9	1.621	858	756	1.475	1.025
25	9	1.387	968	652	1.567	1.098
12	9	1.624	688	520	1.664	1.223
8	9	1.855	559	671	1.470	1.054
8	9	1.873	544	562	1.481	1.076
16	11	1.919	673	371	1.474	1.150
15	9	1.707	784	720	1.521	1.030
291	0	130	1.800	3.114	989	127
12	7	1.219	899	1.133	1.270	662



Fuentes y disponibilidad de agua

El total de aguas renovables en Chile alcanza a los 922 km³ anuales. No obstante esto, el agua en Chile presenta un fuerte desequilibrio geográfico. Entre las regiones de O'Higgins y La Araucanía, la disponibilidad natural de agua supera los 6.000 m³/persona/año, llegando hasta los 49.000 m³/persona/año.

Como consecuencia del cambio climático, la hidrología de los ríos experimentaría cambios relevantes debido a la elevación de la isoterma 0°C, de 300 a 500 metros, reduciendo los depósitos de nieve en la cordillera, haciendo que las escorrentías de los ríos aumenten en los periodos de precipitaciones y disminuya significativamente en la temporada de primavera-verano.

En general, los ríos entre las regiones Metropolitana y del Biobío tienen un régimen predominantemente nival, pasando por un régimen mixto de transición en Maule, Ñuble y Biobío. Los caudales de los principales ríos se han mostrado altamente variables en las últimas décadas, insinuando ciclos de varios años de mayor caudal, alternados con ciclos de menor caudal. Estos

ciclos están alineados con los ciclos más lluviosos y secos asociados a la oscilación decadal del Pacífico (PDO), los que tienen una longitud de 10 a 20 años. Aunque los caudales no muestran una tendencia clara, hay ciertas cuencas que sugieren una cierta declinación de la escorrentía en la última década, este es el caso de río Tinguiririca.

En lo referente a las aguas subterráneas, la recarga principal de los acuíferos ubicados en el valle corresponde a los aportes desde la cordillera, precipitaciones y las redes de canales de riego que son abiertos en el periodo de septiembre - abril, siendo relevante la interacción aguas superficiales y subterráneas. En el caso de las zonas de secano, su principal aporte corresponde a precipitaciones, lo cual explica la disminución significativa de los niveles freáticos, sumado a baja permeabilidad de sus acuíferos (velocidad con que se mueve el agua en el subsuelo), y baja capacidad de almacenamiento, alcanzando valores de caudales medios sostenibles de extracción de 0,1 litros por minuto, para algunos casos.



Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

Cambio Climático en Chile: Situación actual, tendencias e impactos en el mediano plazo

Chile es un país catalogado altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. El área comprendida en el proyecto, se caracteriza por contar con áreas de borde costero de baja altura con zonas semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal. Es un territorio propenso a los desastres naturales, presenta zonas propensas a la sequía; presenta zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los sistemas montañosos, que sin duda limitan el desarrollo de rubros como el agrícola, pecuario y forestal, que dependen fuertemente de la disponibilidad de suelo y agua.

En zonas templadas los inviernos se han tornado más y más suaves. Si bien estos cambios pueden constituir una amenaza para la actividad agrícola, a veces ellos representan buenas oportunidades para ampliar o diversificar la agricultura local; en el área del programa este será el principal sello de los cambios climáticos en las regiones de Ñuble y Biobío.

El régimen térmico ha mostrado cambios diferentes en zonas costeras e interiores. En zonas costeras

las temperaturas máximas han tendido a descender haciendo que los veranos sean cada vez más frescos, mientras que las mínimas han subido marcadamente. En zonas interiores, se observa una tendencia al alza tanto de mínimas como de máximas, con lo cual se espera que las demandas de agua incrementen en 5 a 8% por cada grado de aumento en la temperatura.

La disminución del número de días de lluvia, junto al aumento de su intensidad y al aumento de las tasas de evaporación, puede aumentar la presión hacia la erosión de los suelos. Esta combinación es igualmente negativa para la agricultura de secano y para el crecimiento de las praderas.

La elevación en la isoterma 0°C, producto del aumento en las temperaturas, reduciría la capacidad de almacenar nieve a lo largo del año, además de modificar el comportamiento de los caudales en las cuencas, especialmente aquellas de influencia nival.

La escasez de agua es la mayor amenaza que nos trae el cambio climático, por sobre el aumento de la variabilidad de ciertos eventos extremos como lluvias intensas, vientos y granizo.

Características de la pequeña agricultura de la zona central de Chile

Chile destaca por el pequeño tamaño promedio de sus unidades agrícolas. Poco menos de tres cuartos de las explotaciones (73,4%) son de un tamaño inferior a 20 hectáreas, sin embargo, este corresponderá al 2,4% del total relación con la superficie agrícola.

Los agricultores foco del programa, se caracterizan por tener superficies menores a 20 hectáreas, las

cuales destinan la producción desde auto consumo hasta venta en mercados locales y venta a mayoristas. Los principales ingresos de los pequeños agricultores o de la agricultura familiar campesina, corresponden a la actividad silvoagropecuaria que realizan. En muchos casos estos pequeños agricultores arriendan predios agrícolas para incrementar sus sistemas productivos.



Cultivos principales y prácticas culturales

La actividad productiva que desarrolla la pequeña agricultura es muy diversa e incluye la producción de flores, hortalizas, fruta, viñas, semillas y cultivos, en el ámbito agrícola; también producción de carne bovina, ovinos, caprinos, leche, aves y porcinos y, finalmente, reúne una importante superficie de plantaciones forestales, bosque nativo y producción apícola, principalmente miel y cera.



Región Metropolitana



En la zona seco costera de la región Metropolitana predominan los cultivos de berries, principalmente la frutilla y en menor medida la producción de forraje para la crianza de animales.

Para las labores de preparación del suelo, la mayoría de los pequeños productores no cuentan con la maquinaria necesaria para estas labores, viéndose obligados a contratar los servicios de labranza, donde destacan principalmente el uso de rastras o arados de cincel y, en menor medida, arado de vertedera.

Los manejos de los rastrojos se hacen principalmente con la utilización de animales para hacer la incorporación de los residuos.

Para el riego de los cultivos predomina el uso de cintas de riego, las cuales se implementan sin realizar ningún tipo de diseño.

El uso de mulch está masificado dentro de los productores de frutillas, para el control de malezas y evitar el efecto de las bajas temperaturas.



Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

En la zona de secano los cultivos principales corresponden a las hortalizas, donde destacan el brócoli, coliflor, choclo, zapallos italianos y tomates.

Los implementos que más se utilizan para realizar las labores de preparación del suelo son el arado de cincel y el arado de vertedera.

El manejo de los rastrojos se incorpora de forma directa con arados de vertederas.

El riego que predomina en la zona es el riego por surcos, en donde se ha incorporado el uso de mangas en cabeceras con válvulas de salida (compuertas).

En las zonas con problemas de escasez de agua se están implementado de manera fuerte los sistemas de riego presurizado, donde destacan el goteo y micro-aspersión.

En general, se han implementados cultivos bajo invernaderos especialmente para la producción de tomates.

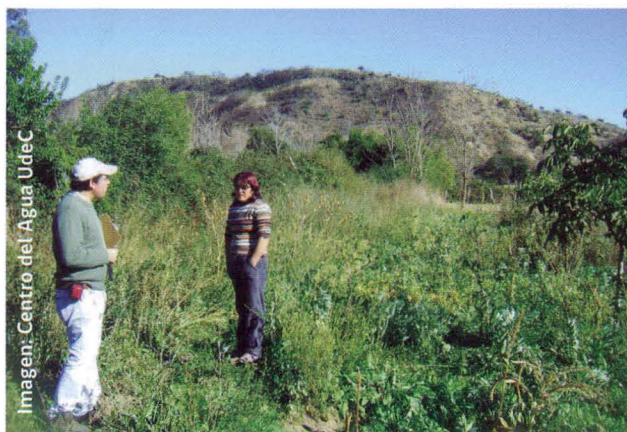


Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC



En la zona del valle los cultivos predominantes son las hortalizas, donde destacan los tomates, lechugas y papas, y en menor medida alcachofas y zanahorias. Adicionalmente en la actualidad se está implementando cultivos nuevos como son el kale, tatsoi topinambur y el amaranto.

Para las labores de preparación de suelo los agricultores ocupan arados de disco y rastra para el caso de los predios de mayor envergadura; para el caso de los predios más pequeños se está utilizando moto cultivadores, lo que permite trabajar en espacios pequeños.

El manejo de los rastrojos se hace principalmente a través de la incorporación de éstos con maquinaria.

Los sistemas de riego predominantes en la zona corresponden a los riegos gravitacionales, en donde destacan los riegos por tendido y por surcos; en algunos casos se utiliza mangas de riego y en menor medida se han implementado sistemas de riego por goteo.

El uso de mulch se ha utilizado con fin de controlar las malezas y acelerar el crecimiento de las plantas.

En la actualidad se están haciendo pruebas para la incorporación de micro túneles con el fin de acortar los tiempos de producción de los cultivos, principalmente las hortalizas de hoja.

Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

Imagen: Centro del Agua Udec



Imagen: Centro del Agua Udec

En la zona costera de la región de O'Higgins, los cultivos típicos son las legumbres (porotos, lentejas, garbanzos), además de cereales, papas y cebollas. También se cultivan, pero en menor medida, hortalizas para auto consumo.

En el último tiempo se ha incursionado con cultivo de nogales, almendros y olivos.

Para las labores de preparación de suelo se utilizan principalmente arado de vertedera y rastra, pero al ser en muchos casos pequeños agricultores no cuentan con los recursos para disponer de estos implementos y muchos contratan el servicio de preparación de suelos. Para el caso de agricultores más pequeños, aún utilizan tracción animal para la preparación del suelo.

Los rastrojos en su mayoría son incorporados al suelo con maquinaria o en su defecto con el uso de animales y, en menor medida, se procede a la quema de ellos.

Los métodos de riego que predomina son los riegos gravitacionales, en especial tendido y surcos, y para este último caso se está aplicando la técnica de mangas para la conducción del agua dentro del predio.

En la actualidad se está incorporando el uso de invernadero, pero a pequeña escala y sólo para autoconsumo. Salvo contadas excepciones de agricultores que producen en forma comercial, sus productos son distribuidos en el mercado local.



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC

En la zona de secano los cultivos predominantes son el trigo y praderas naturales. En lugares donde existe una mayor disponibilidad de aguas, los pequeños agricultores se dedican a la producción de todo tipo de hortalizas, las que son comercializadas en su mayoría por los propios productores en el predio.

En los últimos años se han incorporado en la zona plantaciones de almendros, nogales y avellano europeo.

Para las labores de preparación de suelo los pequeños agricultores todavía realizan estas labores con maquinaria de tracción animal y en algunos casos con tractores pequeños (40 HP), los que trabajan con los implementos acordes al nivel de tractor. Los implementos utilizados corresponden a rastras de discos, arado de verederas y sub-soladores.

El manejo de los rastrojos se hace en su mayoría incorporándolos al suelo con maquinaria, rastra, aunque aún quedan algunos productores que realizan labores de quema.

El método de riego predominante en pequeños agricultores, corresponde a los riegos gravitacionales, específicamente con riego por surcos. El método de riego por goteo se está implementando en menor escala.

El uso de mulch se está implementando pero sólo para el control de maleza y para acortar los tiempos de producción.

Se están implementado invernaderos, y va en aumento su uso, ya que los productores han aceptado esta tecnología gracias a los buenos resultados obtenidos.

En la zona de valle como cultivos predominantes destacan todo tipo de hortalizas, entre las cuales se encuentran: tomates, cebollas, hortalizas de hoja, frutas de estación (melones y sandías) y maíz, dependiendo de las condiciones climáticas del valle, se aprecian cultivos de todo tipo de frutales en donde destacan cítricos, carozos, pomáceas y viñas. En el caso de lugares sin disponibilidad de agua se cultivan especies con bajos requerimientos hídricos, como lo son el trigo y la avena.

Para las labores de preparación de suelo los pequeños agricultores están incorporando moto cultivadores o tractores pequeños.

En general los agricultores del sector incorporan los rastros, a través de maquinaria (rastra) o con animales.

En la zona, aún predominan los sistemas de riego gravitacional en especial el riego por surco, pero en algunos casos están adoptando la tecnología de mangas para la distribución intra predial del agua.

En menor medida se están implementado sistemas de riego por goteo, principalmente en frutales y algunos han implementado sistemas de cintas de riego, con manguera plana (layflat) para la distribución de agua para hortalizas.

El uso de mulch se ha estado masificando en la zona, pero principalmente con fines de control de malezas y para disminuir los tiempos de producción. Esta tecnología se está implementando en mayor medida en hortalizas y cultivos anuales como lo son tomates, zapallos y melones.

El uso de invernaderos es otra tecnología que ha entrado de manera fuerte en la zona del valle, debido a los buenos resultados obtenidos por los agricultores. Entre de los cultivos que se establecen en los invernaderos, destacan tomates y hortalizas de hoja en general.





Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC

Región del Maule



Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

En la zona costera de la región del Maule destacan los cultivos de bajo requerimiento hídrico, como son el trigo y la avena, y legumbres como el poroto y la lenteja. Todos esos cultivos son sólo para auto consumo, pero para uso más comercial hace un tiempo se ha incorporado el cultivo de berries, principalmente frutillas, las que son comercializadas generalmente dentro del mismo predio.

Para las labores de preparación de suelo, en la zona se utilizan rastras de discos y arados de cincel.

Para el manejo de rastrojo, parte de los agricultores queman los rastrojos, aunque de a poco están adoptando la técnica de incorporación de rastrojos durante las faenas de preparación del suelo.

Debido a que los cultivos característicos de la zona son de bajo requerimiento hídrico, éstos dependen principalmente de las precipitaciones de la temporada. Para el caso de la los berries, se riegan principalmente mediante cintas de riego, pero en su implementación no se considera ningún tipo de factores agronómicos o hidráulicos, dado que se realiza mediante autoconstrucción.

Sólo para el caso de los berries se usa mulch, pero con fines de controlar la maleza y proteger las raíces de los efectos de las bajas temperaturas.

El uso de invernadero no se ha masificado en la zona costera, aunque hay casos puntuales de agricultores que han incorporado esta tecnología para la producción de hortalizas de hoja principalmente.

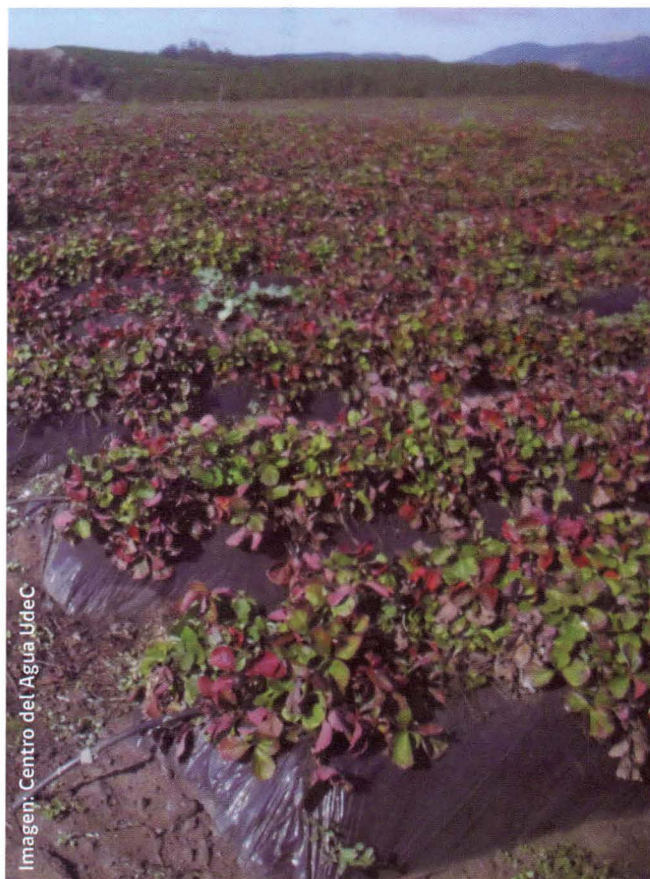


Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC

En las zonas altas de secano destaca la producción de cultivos de bajo requerimiento hídrico y su fuente de abastecimiento depende exclusivamente de las precipitaciones de la temporada. **En las zonas bajas de secano** destacan los cultivos de hortalizas en general, maíz de grano y en menor medida frutales en donde destacan cerezas y viñas.

Los agricultores más pequeños aún realizan la preparación de suelo con tracción animal y en algunos casos tractores de baja potencia y con implementos acordes, en donde destacan arados de vertedera y rastras de disco. Los rastros son incorporados de manera mecánica durante las faenas de preparación del suelo.

Para el caso de los cultivos de hortalizas se usa principalmente el riego por surcos. El método de riego presurizado se ha incorporado especialmente en cultivos en invernaderos.

El uso de mulch no se ha masificado aunque hay algunos productores que los están incorporando dentro de su sistema productivo, pero sólo con el fin de controlar las malezas y adelantar la cosecha para conseguir mejores precios.

Los invernaderos es una tecnología que está entrando de a poco en la zona pero con buenos resultados, lo que ha motivado a otros productores a adoptar esta técnica.

En la zona de valle la producción que destaca son las hortalizas, tomates y frutales, principalmente cerezas.

Para las labores de suelo destacan los arados de vertedera, arado de cincel y rastras de discos; el tamaño de estos implementos depende directamente de la envergadura de la maquinaria motriz que posean. El manejo de los rastros se hace principalmente incorporándolos al suelo durante las faenas de preparación del suelo, en algunos casos, dependiendo del cultivo se hace un tratamiento previo (picado).

Los sistemas de riego que destacan en la zona son los riegos por surco, en donde en algunos casos han

incorporado mangas para la distribución intra predial. Además, se está incorporando el uso de cintas de riego para el riego en hortalizas, con una manguera plana (layflat) para la distribución intra predial.

El uso de mulch no se ha masificado, aunque hay algunos productores que los están incorporando dentro de su sistema productivo, pero sólo con el fin de controlar las malezas.

Los invernaderos es una tecnología que esta entrando de a poco en la zona, con buenos resultados, lo que ha motivado a otros productores a adoptar esta técnica.



Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

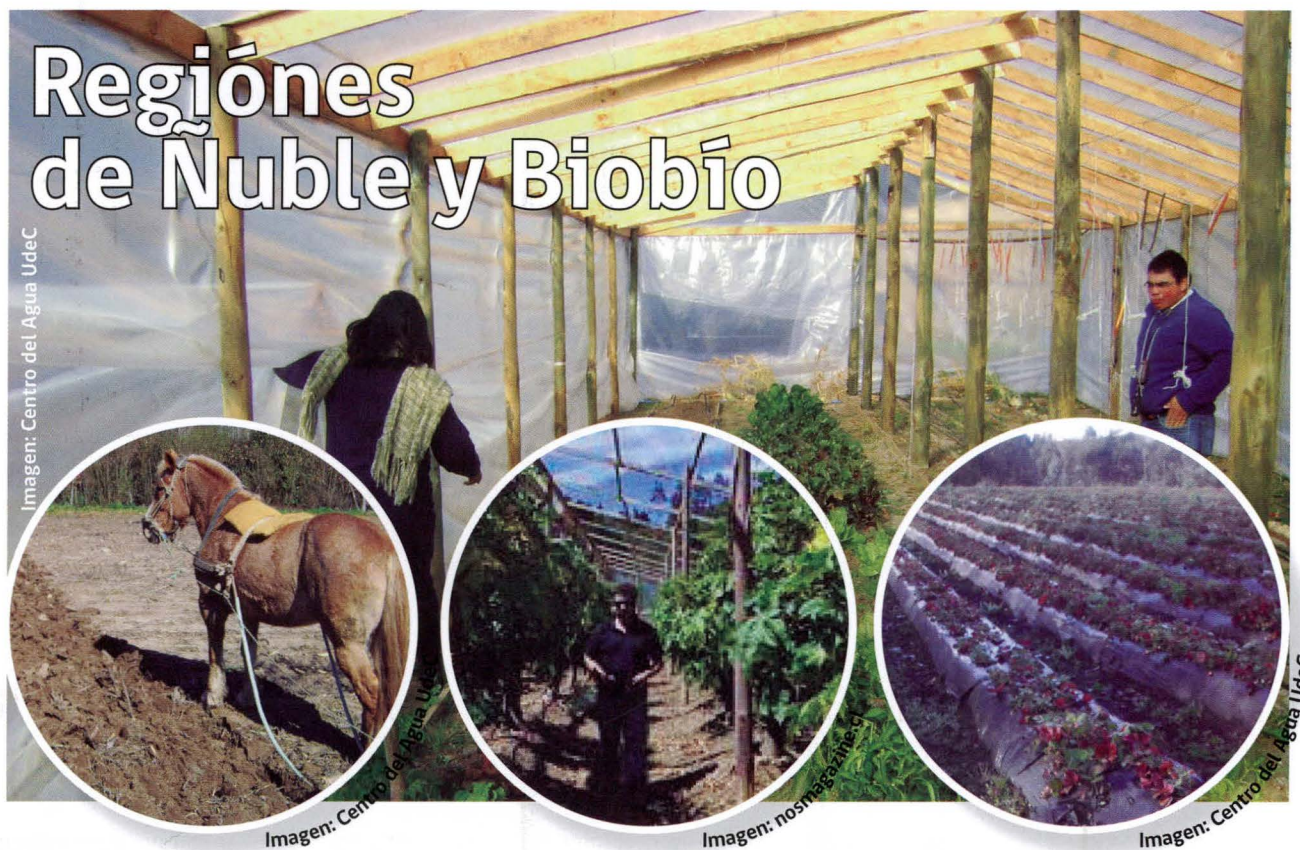


Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: Centro del Agua UdeC

Imagen: noomagazine.cl

Imagen: Centro del Agua UdeC

En la zona costera los cultivos más típicos son las papas y en menor medida cereales (trigo, avena). En frutales se está potenciando el cultivo de papayas, así como también se está introduciendo el cultivo de hortalizas en invernaderos.

En el último tiempo se ha estado incorporando el cultivo de frutillas, además de un reacondicionamiento de los cultivos de papayas.

La preparación de suelos se hace principalmente con tracción animal, aunque en la zona existen personas que prestan el servicio de preparación de suelo con rastra y arado de vertedera. En el último tiempo se ha incorporado moto cultivadores.

El manejo de rastros se hace principalmente quemándolos, debido principalmente a un tema

cultural, y a que los agricultores no cuentan con la maquinaria necesaria para estas labores.

Se han incorporado los riegos presurizados, siendo el riego por aspersión el que se utiliza para el caso de las papas y las hortalizas, para el caso de las frutillas y las papayas se utiliza riego por cinta. Caso aparte es el cultivo de cereales, los cuales dependen exclusivamente de las precipitaciones de la temporada.

Para el cultivo de frutillas y hortalizas se utiliza mulch, pero solamente para el control de malezas.

En el último tiempo ha aumentado de forma considerable el uso de invernadero, incluso en la producción de papayas debido a los buenos resultados que se han obtenido con esta técnica.

En la zona alta del valle, dependiendo de la disponibilidad del recurso hídrico, se establecen principalmente cultivos de bajo requerimiento hídrico, como los son el trigo y la avena. Gran parte de la zona se destina para pradera natural, así como también: remolacha, maravilla, raps, maíz, legumbres y hortalizas. **En la parte media del valle**, debido a las texturas arcillosas de los suelos, se cultiva gran cantidad de arroz y trigo.

En el último tiempo se está incorporando el cultivo de berries, en especial de arándanos y de frutillas.

Para la preparación de suelo, los implementos que se utilizan están directamente relacionados con la envergadura del agricultor, del tamaño de la maquinaria que posea, la cual va desde la tracción animal al uso de moto cultivadores o minitractores (práctica que viene entrando con fuerza). Los implementos que se utilizan para estas labores corresponden a arados de vertedera, arados de cincel y rastra de discos.

Para el manejo de los rastrojos, los agricultores van rotando los cultivos y emplean los rastrojos como recurso forrajero.

En la zona ha entrado muy poco la técnica de la cero labranza, aunque hay algunos agricultores que están adoptando esta técnica.



Imagen: Carmen Gloria Quilodrán

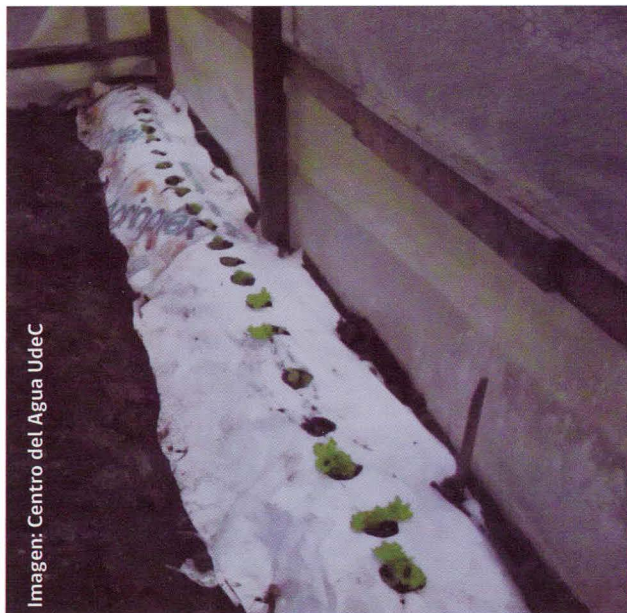


Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: Centro del Agua UdeC

En el caso de la pequeña agricultura, predominan los riegos gravitacionales en donde destacan los riegos por tendido para cereales y riego por surcos para el caso de hortalizas y cultivos hilerados en general.

El mulch se está usando en los cultivos de hortalizas y de frutillas, pero sólo con fines de control de malezas. Actualmente, algunos agricultores están

implementando cortinas sombreadoras en frutales, pero con fines de control de polvo.

La técnica de los invernaderos y micro túneles esta entrando con fuerza, en especial en los pequeños agricultores, quienes adoptan esta técnica con el fin de producir cuando las condiciones climáticas son desfavorables, en especial en el cultivo de hortalizas.



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: papachile.cl

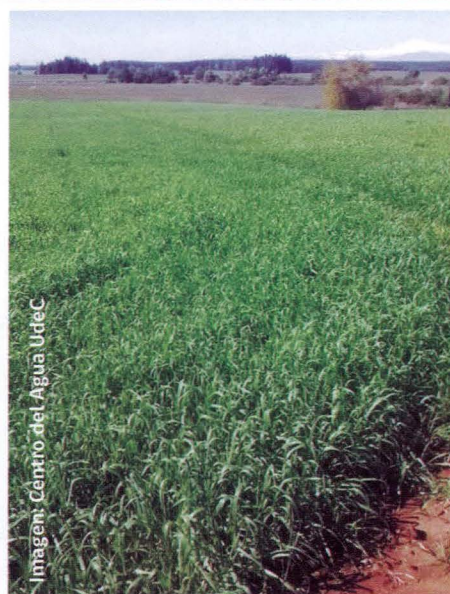


Imagen: Centro del Agua UdeC

En la zona pre cordillerana los cultivos predominantes son las papas, trigo y la avena, y en menor medida el raps y cebada. En el último tiempo han aumentado los cultivos de moras, frambuesas y arándanos.

Para la preparación del suelo se utilizan principalmente rastras de discos, arados de cincel y vibro cultivador.

En los manejos de rastros, aún hay agricultores que optan por quemarlos, pero la mayoría los incorpora al suelo durante las faenas de preparación del suelo y en otros casos los enfardan y los retiran del campo.

En esta zona ha entrado fuertemente la técnica de la cero labranza, siendo un alto porcentaje de las hectáreas trabajadas con esta técnica.

Los sistemas de riego que predominan son los riegos gravitacionales, siendo los más utilizados los riegos por surco y tendido. Para el caso particular de los berries se utiliza riego por goteo.

El uso de mulch se utiliza principalmente para el cultivo de berries, en especial en frutillas para el control de maleza y conservación de la humedad de suelo.

El uso de invernadero y micro túneles, se está masificando principalmente para el cultivo de hortalizas a pequeña escala.

Competitividad de la agricultura y sus desafíos

El territorio comprendido en el programa, presenta un gran potencial productivo, dada su diversidad agroclimática, lo cual permite establecer una gran variedad de cultivos de gran interés para mercados tanto nacionales como internacionales. Los desafíos que debe enfrentar la pequeña agricultura tiene relación con la implementación de maquinaria

agrícola para tecnificar la preparación de suelo y, a su vez, incorporar prácticas de cero labranza para conservación y recuperación de suelos en el seco. Otros desafíos, tienen relación con el aumento de disponibilidad de recursos hídricos, implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, establecimiento de cultivos de bajos requerimientos hídricos, la incorporación de técnicas de manejo que permitan reducir los impactos climáticos sobre la producción, entre los cuales se encuentran: el uso de mulch, mallas sombreadoras, cortinas cortaviento, invernaderos y micro túneles, entre otros.

Entre las crecientes exigencias de los mercados interno y externos en lo referente a satisfacer al consumidor, se encuentran el garantizar la trazabilidad de sus productos y una excelente condición fitosanitaria e inocuidad, lo cual exige a los productores agrícolas aplicar innovación y desarrollo a la mayor parte de la cadena productiva.



Imagen: imia.cl



Imagen: Centro del Agua

ESTRATEGIAS Y ACCIONES PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

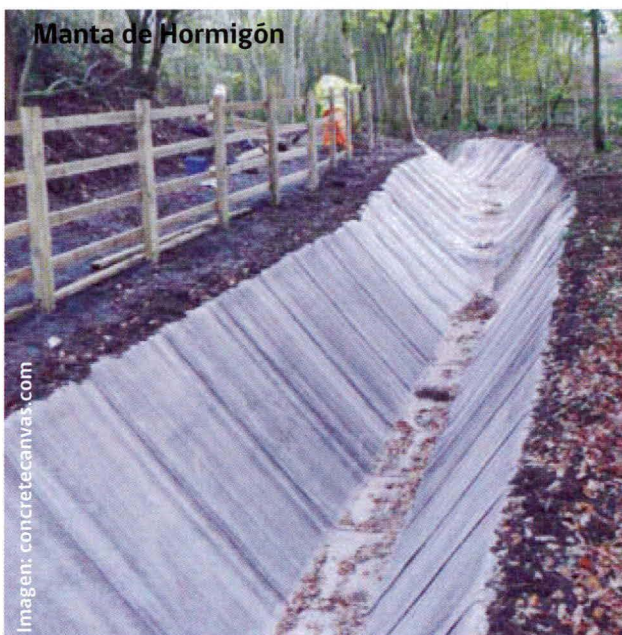
Aumento en la disponibilidad y uso eficiente de agua

El aumento en la disponibilidad de los recursos hídricos, pasa por acciones a nivel extrapredial e intrapredial, las cuales garantizan un escurrimiento libre del agua, así, como también de la gestión y aplicación al interior del predio. Algunas de las estrategias y acciones recomendadas para ser implementadas son presentadas a continuación.

Infraestructura extrapredial

En el caso de los pequeños agricultores que utilicen aguas superficiales para el riego, es de gran relevancia el flujo de agua, a través de los canales de riego, eliminando malezas, raíces de árboles y arbustos y el retiro de basuras que puedan interferir con el libre escurrimiento del agua.

Otro aspecto relevante tiene que ver con la pérdida de agua por infiltración a lo largo de los canales de riego, lo cual se ve incrementado por la acción de cuevas de camarones y cuando los canales cruzan por suelos que presentan un alto grado de permeabilidad (suelos arenosos o zona de rocas fracturadas). En estos casos es recomendable la implementación de revestimiento de canales, para lo cual existen



variadas tecnologías disponibles, con distintos grados de complejidad, tiempos de instalación y precios asociados. Las tecnologías más recomendables para pequeños agricultores son: polietileno, geomembrana bituminosas y mantas de hormigón.

Otra opción es el entubamiento de canales con tuberías de pared estructural, la cual permite entre sus características, ser utilizada sobre los trazados de canales antiguos, garantizando con un trabajo previo que la tubería quede asentada en el fondo del canal, así como también, su uso en trazados que cruzan zonas pobladas, para evitar la contaminación por vertido de basuras.

La tecnología a ser utilizada es dependiente de los recursos con que cuenten los pequeños agricultores, y de los fondos concursables disponibles por parte del Estado para proyectos de riego asociativos.

Otro aspecto relevante en la infraestructura extrapredial, tiene relación con las obras de control y derivación. Es importante para realizar una correcta gestión del riego, saber cuánta es el agua que ingresa al predio, debido a ello, se recomienda la construcción de obras de aforo. El aforo de pequeños y medianos caudales de escurrimiento en canales derivados y también en canales intraprediales, es posible mediante la construcción de vertederos triangulares y canoas de tipo Samani - Magallanez, los cuales pueden ser construidos de planchas de fierro, hormigón y/o madera. Estas estructuras poseen unas expresiones matemáticas que permiten obtener el caudal de escurrimiento, a partir de la medición de la altura de agua que se genera antes de la estructura. Para simplificar la obtención del valor de caudal de escurrimiento por la estructura se utilizan tablas de datos (Tablas N°3 y 4), donde se relaciona el valor de altura y el respectivo caudal pasante.



Tubería de pared estructural



Vertedero triangular de madera

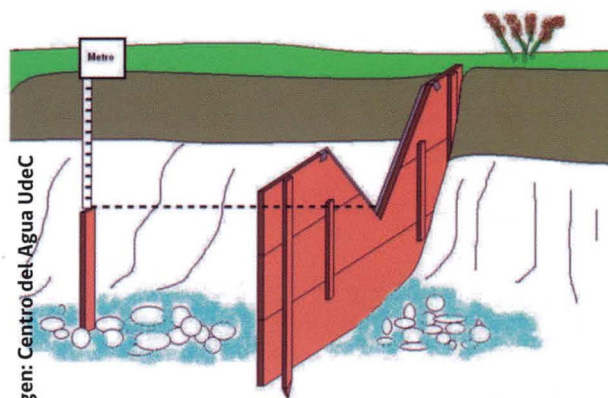


Imagen: Centro del Agua UdeC

Vertedero triangular de madera



Canoa tipo Samani – Magallanez de
madera y láminas de metal galvanizado

Tabla N°3. Ejemplo de tabla de caudales (Q), en función de la altura de escurrimiento (H) en vertedero triangular.

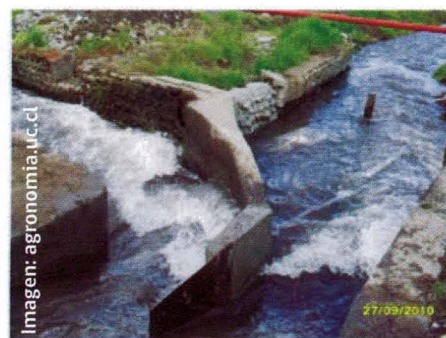
Caudales en litros por segundo (L/s), para vertedero triangular 90° (valores referenciales)							
H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)
1,0	0,01	6,0	1,23	11,0	5,62	16,0	14,34
1,5	0,04	6,5	1,51	11,5	6,28	16,5	15,48
2,0	0,08	7,0	1,81	12,0	6,98	17,0	16,68
2,5	0,14	7,5	2,16	12,5	7,73	17,5	17,94
3,0	0,22	8,0	2,53	13,0	8,53	18,0	19,24
3,5	0,32	8,5	2,95	13,5	9,37	18,5	20,61
4,0	0,45	9,0	3,40	14,0	10,27	19,0	22,03
4,5	0,60	9,5	3,89	14,5	11,21	19,5	23,51
5,0	0,78	10,0	4,43	15,0	12,20	20,0	25,04
5,5	0,99	10,5	5,00	15,5	13,24	20,5	26,64

Tabla N°4. Ejemplo de tabla de caudales (Q) en función de la altura de escurrimiento (H) en canoa Samani-Magallanez.

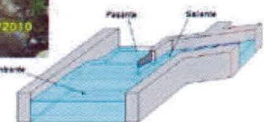
Caudales en litros por segundo (L/s), para canoa Samani-Magallanez (valores referenciales)							
H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)	H (cm)	Q (L/s)
1,0	2,10	6,0	36,21	11,0	94,93	16,0	172,24
1,5	4,00	6,5	41,13	11,5	101,88	16,5	180,87
2,0	6,31	7,0	46,27	12,0	109,01	17,0	189,67
2,5	9,00	7,5	51,63	12,5	116,32	17,5	198,61
3,0	12,03	8,0	57,21	13,0	123,81	18,0	207,71
3,5	15,37	8,5	63,00	13,5	131,46	18,5	216,96
4,0	19,00	9,0	69,00	14,0	139,29	19,0	226,36
4,5	22,92	9,5	75,19	14,5	147,28	19,5	235,90
5,0	27,10	10,0	81,58	15,0	155,44	20,0	245,59
5,5	31,53	10,5	88,16	15,5	163,76	20,5	255,42

Para el caso de las obras de derivación y distribución de aguas en pequeños y medianos canales de riego, es importante contar con infraestructura adecuada y en buenas condiciones. Las estructuras más utilizadas para ello son compuertas de metal y marcos partidores construidos de hormigón y planchas metálicas como hoja divisoria de las aguas a repartir. La ubicación de la hoja en lo ancho de la obra de derivación, puede considerarse de manera simplificada para pequeños canales de riego, que tiene una relación directa a la proporción del caudal pasante y del saliente. Esto quiere decir que en el

caso de un canal de un metro de ancho, conduciendo un caudal total de 500 L/s, y se debe extraer o derivar un caudal saliente de 100 L/s, entonces el ancho para la sección del caudal saliente desde el costado del canal a la hoja divisoria, debe ser aproximadamente de 0,2 metros. Dicho valor proviene de la división de $100/500 = 0,2$, lo que significa que el ancho del saliente debe ser un 20% del ancho total del canal (1,0 m). La medición del caudal de entrada se realiza con una regla (regla limnimétrica) que se instala aguas arriba del marco partidor, de similar manera al vertedero triangular antes mencionado.



Marcos partidores



Infraestructura intrapredial

Las opciones de infraestructura intrapredial que permitan aumentar la disponibilidad de agua de riego para pequeños agricultores, consisten en pequeños acumuladores de agua y sistemas de captación de aguas lluvias.

Acumuladores de agua

Los sistemas intraprediales de acumulación de agua para riego comienzan en pequeños estanques de 1.000 litros y llegan hasta tranques que pueden inundar fácilmente varias hectáreas. Las alternativas dependen del recurso hídrico disponible, las características del terreno y del presupuesto.

A grandes rasgos, según tamaño y movilidad, se podría hablar de contenedores plásticos, cisternas flexibles, estanque australiano y tranques. Estos sistemas de acumulación son descritos a continuación.

Estanques transportables

Contenedores plásticos

El mercado nacional ofrece estanques para almacenamiento de agua o fertirrigación, que van desde los 200 hasta los 40 mil litros (40 m³).

Se pueden instalar en altura (sobre una superficie plana y sin perforaciones, con base de 16 milímetros de espesor mínimos con refuerzos de metal o madera); a nivel del suelo sobre un radier (superficie plana, compacta y sin perforaciones); o enterrados (deben llenarse antes de ser tapados para evitar deformaciones), dependiendo del tamaño del estanque y de las características geográficas del terreno. Es frecuente también que se coloquen sobre una torre de estructura metálica o de madera (copa de agua), ubicada en el sector más alto del predio con el fin de obtener agua con presión suficiente para el funcionamiento de un sistema de riego por goteo.

Imagen: Centro del Agua UdeC



Contenedores en altura

Imagen: Centro del Agua UdeC



Contenedores sobre radier

Imagen: Centro del Agua UdeC



Contenedor enterrado

El material más común es el polietileno. Estos estanques vienen con protección UV, están hechos con materia prima virgen (no reciclada) y son resistentes a las condiciones extremas del

clima. Su vida útil puede ir entre los diez y los veinte años, dependiendo de los cuidados que se tenga con ellos.

Cisternas flexibles

Las cisternas flexibles evitan la necesidad de tener que construir toda una estructura que las soporte, son ligeras y plegables, y su instalación es rápida y sencilla. Se llenan por gravedad o con el uso de bombas y pueden instalarse bajo techo o sobre una terraza.

Tienen además la característica de poder utilizarse en condiciones extremas de rayos UV y temperaturas, las que pueden resistir en un rango de -30°C a $+70^{\circ}\text{C}$. Por otra parte, al no tener aire en su interior, no generan algas, no evaporan agua, son antisísmicas y en caso de pinchado, vienen con kit de emergencia. Su reparación es rápida y se puede hacer incluso con agua en su interior.

Se recomienda que estos sistemas cuenten con una estructura de cubierta con malla Raschel, con el objetivo de evitar el incremento significativo de la temperatura del agua en verano, lo cual puede afectar negativamente a los cultivos con raíces concentradas en los primeros centímetros de profundidad de suelo (ejemplo: Berries).

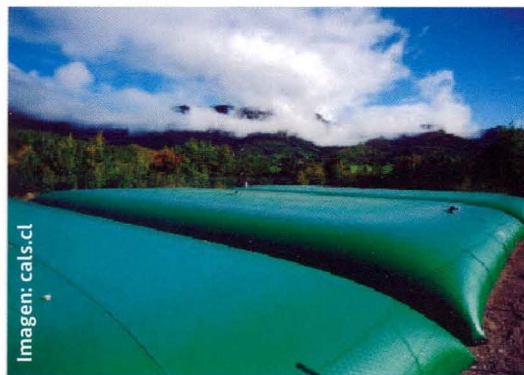


Imagen: cals.cl

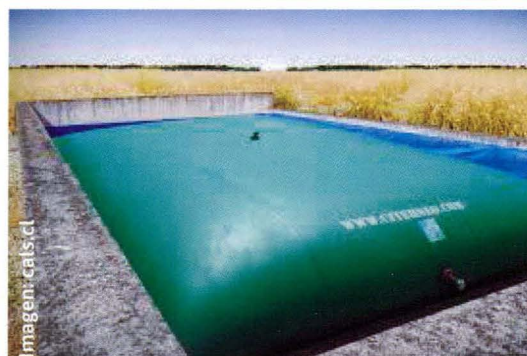


Imagen: cals.cl

Cisternas flexibles

Estanques fijos

Estanque Australiano

Si la cantidad a acumular es inferior a los 100 m^3 y se utilizará una bomba para extraer el agua, se recomienda el uso de una piscina o estanque australiano. Éste es de tipo circular y consiste en paredes fabricadas de hormigón armado, ladrillos o metal. Se usa para una acumulación corta de agua, permitiendo con ello reducir la intermitencia en el funcionamiento de bombas de riego presurizados, muchas veces ocasionado por el bajo caudal instantáneo disponible de las fuentes de agua existentes.

Para instalarlo, se debe limpiar y nivelar el terreno, dejar una superficie firme, lisa y horizontal; abrir una

zanja en forma circular del diámetro del depósito, 30 centímetros de ancho por 5 cm de profundidad (del diámetro del depósito) para llenarla con hormigón hasta 3 centímetros por sobre el nivel del terreno. Ahí se deben colocar las placas que componen el estanque, haciendo coincidir los agujeros para los pernos. Una vez armado el estanque, se pone una capa de 3 centímetros de arena y cemento por el exterior, y en el interior se prepara un radier de hormigón simple mínimo de 6 centímetros de espesor. Posteriormente, por el exterior del acumulador, se coloca un terraplén de tierra que equipare la presión que ejerza el agua que habrá dentro.



Imagen: Centro del Agua UdeC



Imagen: artículo mercadolibre.com.uy

Estanques Australianos

Tanques Zamoranos o Australiano Artesanales

Los Tanques Artesanales, son una excelente solución para pequeños agricultores, dado que les permite utilizar materiales de fácil acceso y de reducida complejidad de instalación. Estos tanques se caracterizan por instalarlos sobre un terreno plano y previamente limpio, eliminando cualquier imperfección que pudiese dañar el plástico que cumplirá la función de capa impermeable. Los requisitos de espacio para este tipo de tanques de almacenamiento es de 5 x 5 metros, como mínimo.

Para la construcción de un tanque de 3 metros de diámetro y 1,1 metros de altura, con una capacidad de aproximadamente 7.000 litros se necesitan los siguientes materiales:

1. Plástico negro (polietileno), con unas medidas de 6 x 6 metros, del mayor grosor que se encuentre.
2. Siete láminas de metal o "zinc" de 2,44 metros, las cuales se cortarán a la mitad (1,22 metros de largo), para obtener un total de catorce trozos. Es posible utilizar zinc viejos y que tengan orificios, pero resguardando que en su instalación, las aristas de los orificios queden hacia el exterior para evitar la rotura del polietileno.
3. Malla electrosoldada, sobre el cual se colocará el zinc, y formará las paredes del tanque. Debe ser de al menos 9,8 metros de largo y 1,2 metros de ancho. El círculo que formará será de 9,4 metros de perímetro, pero se necesita un solape o traslape de al menos 40 centímetros para asegurar una buena resistencia a la presión del agua.
4. Alambre liso, aproximadamente un kilogramo, para hacer todos los amarres al zinc.
5. Manguera de polietileno, dos trozos, uno de diámetro igual o superior a 1 pulgada y de 9,6 metros de largo, para cubrir el borde superior del tanque (orilla del zinc y de la malla electrosoldada); y el otro de diámetro igual o superior a $\frac{3}{4}$ de pulgada y 2 metros de largo para la salida de agua del tanque.
6. Cordel plástico o goma elástica, con una longitud de al menos 10 metros, para sostener el plástico por la parte externa del tanque.
7. Arena o tierra, finamente tamizados o colados, para el fondo del tanque, sobre el que reposará el plástico negro. La cantidad usada es la que se necesita para una capa de aproximadamente un centímetro en todo el interior del anillo hecho con la malla electrosoldada y el zinc.



Tanques Zamoranos o Artesanales

Los pasos para la instalación son los siguientes:

1. Limpiar la superficie a utilizar, mínimo una superficie de 5 x 5 metros.
2. Instalar una estaca en el centro del área para el tanque.
3. Utilizar una lienza y amarrar una segunda estaca a la cual se encuentra enterrada en el centro con una lienza a una distancia de 1,5 metros, con el objetivo de marcar el círculo del tanque.
4. Retirar las estacas.
5. Hacer un surco de 10 centímetros de profundidad por el lado exterior del círculo marcado en el suelo.
6. Con la malla electrosoldada se hace un anillo de 3 metros de diámetro y de 1,2 metros de altura, solapando la malla en 40 centímetros y amarrándola con alambre, resguardando que los extremos de las amarras queden por fuera.
7. Por el interior de la malla, se instalan en forma vertical las 14 láminas de zinc, traslapando una y media onda de la plancha, cuidando que la parte superior de las planchas queden alineadas con el borde superior de la malla electrosoldada. Posteriormente perforar las planchas en los



- traslapes con un clavo y unirlos junto a la malla perimetral con el alambre. Las puntas de las amarras deben quedar por el exterior del tanque.
8. El primer trozo de manguera de polietileno de 1 pulgada, se debe cortar por el costado en forma longitudinal para abrir el corte e instalarla por el borde superior de la malla y las planchas de zinc, con el objetivo de proteger el polietileno que será instalado en el interior del tanque.
9. Agregar una capa de arena fina en el fondo del tanque, con una altura mínima de 1 centímetro.
10. Instalar el polietileno en el interior del tanque y los bordes sobrantes, doblarlos por fuera y colocar por encima del polietileno y por fuera del tanque el cordel plástico o goma elástica para fijar el plástico. Se recomienda dar la amarra definitiva después de llenar el tanque, con el objetivo de dar la posibilidad que el polietileno se acomode a la estructura con el peso del agua y posteriormente amarrar.
11. Instalar la manguera de $\frac{3}{4}$ de pulgada en fondo del tanque para extraer el agua. También es posible utilizar una bomba hidráulica de riego instalada en una estructura al costado del tanque y con la succión en el interior.

Tranque de regulación corta

El embalse de regulación corta, en tanto, corresponde a un sistema de acumulación para predios que reciben gran cantidad de agua en poco tiempo (turnos). En el caso de pequeña agricultura, estos pueden partir desde los 400 m³ de capacidad, considerando un escenario de riego para una hectárea y turno semanal de entrega de agua al predio. Por lo general, tiene muros inferiores a 1,5 metros y entrega una solución a predios de menos de 20 hectáreas de riego.



Imagen: Centro del Agua UdeC

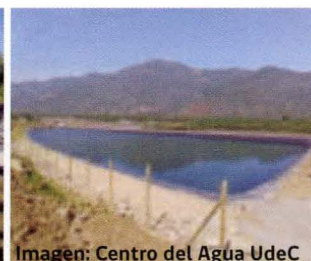


Imagen: Centro del Agua UdeC

Tranques de regulación corta

Sistemas de captación de aguas lluvia

Los sistemas de captación de aguas lluvia cada día se hacen mas populares en la pequeña agricultura, y más aún en las zonas de secano, donde la principal fuente de aporte es la precipitación. Hay una gran variedad de técnicas adaptadas a diferentes situaciones, las que cumplen diferentes finalidades. La cosecha de agua de techos de vivienda y la impermeabilización de la superficie del suelo, son las modalidades más conocidas y difundidas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia.

Estos sistemas tienen dos componentes principales, los cuales son el elemento de captación (estructura o zona impermeable de captación) y el elemento de almacenamiento. Para el primer elemento, se utilizan la techumbre de casas y galpones, los cuales deben estar en buenas condiciones estructurales y de

limpieza para garantizar la máxima captación de agua y que su calidad no se afecte en su almacenamiento. Para el caso en que se utilicen superficies de terrenos en laderas, la superficie de captación es impermeabilizada con geomembrana de HDPE negra de 1 mm. En los casos que no se pueda acceder a dicho material, es posible utilizar polietileno negro de espesores iguales o superiores a 0,2 mm. Cabe mencionar que para el caso de la geomembrana es posible soldarla y en el caso del polietileno solo es posible traslaparlo, por lo cual se deben instalar perpendiculares a la pendiente del terreno.

Para los elementos de almacenamiento, es posible utilizar estanques de hormigón armado, polietileno, fibra de vidrio, Australianos, cisternas flexibles (guateros) y pequeños tranques.

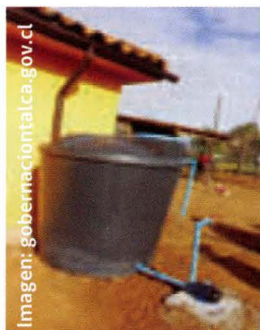


Imagen: gobernaciontauca.gov.cl

Cosechador de techos



Imagen: cthautalca.cl

Cosechador de ladera



Imagen: carpazaragoza.com

Cisterna flexible de acumulación

Para el diseño y dimensionamiento de estos sistemas es recomendable realizar un análisis de las estadísticas de precipitaciones, lo cual en muchos casos no está disponible para los usuarios. Un ejercicio básico que podemos hacer es considerar que por cada 1 milímetro de precipitación que se registre en la zona donde se desee instalar un sistema, se debería captar 1 litro por cada metro cuadrado de área de captación. En el caso que dispongamos de un área de captación de 10 metros de ancho por 20 metros de largo, lo cual nos da un área de 200 m² y se registran precipitaciones de 10 mm por evento, se esperaría una captación total máxima por evento de $10\text{mm} \times 200\text{m}^2 = 2.000$ litros. Esto nos permite decidir el tamaño mínimo de acumulación requerido por evento.

Tecnificación del riego

En general, se ha demostrado que cualquier método de riego con algún grado de tecnificación muestra un mejor rendimiento en los cultivos y frutales.

Los métodos de riego superficiales con sistemas de aducción, diseñados en forma adecuada y operados correctamente, presentan en general altos niveles de eficiencia que les permite competir con los sistemas presurizados. Los métodos de riego presurizado presentan grandes ventajas de operación y, normalmente, muestran un alto grado de eficiencia, siendo en ciertos casos insustituibles. La selección del método que mejor se adapta a una condición sitio específico dependerá de factores climáticos, técnicos y económicos.

Es indudable que métodos de riego bien diseñados y bajo un correcto manejo y operación tendrán los más altos niveles de eficiencia y distribución del agua, lo que podrá traducirse en una buena producción y una

alta calidad del producto. Para el adecuado manejo y operación de los métodos de riego superficiales se ha desarrollado una serie de elementos de apoyo como modelos de simulación, y estructuras de control y derivación como los sistemas de aducción. En el caso de los métodos de riego presurizados han existido enormes avances que permiten mayor automatización en su operación, precisión en su aplicación e incorporación en el proceso del riego de elementos químicos para la nutrición y control de enfermedades de los cultivos y frutales.

Riego superficial

Los métodos de riego superficiales han adquirido una gran importancia debido a los elevados costos de la energía que están involucrados en los métodos de riego presurizados y a la incorporación de variados niveles de automatización en los métodos superficiales. Los métodos gravitacionales que presentan un mayor potencial de mejoramiento en sus eficiencias de aplicación de agua son el riego por surco y contorno.

Riego por surco

El cambio en los patrones de disponibilidad de agua superficial a causa del Cambio Climático, hacen necesario aplicar conceptos de optimización y de eficiencia en los métodos de riego gravitacionales. En el caso del riego por surco, es importante determinar el largo del surco, el número de surcos por postura, como también aplicar el caudal máximo no erosivo a cada surco, con el objetivo de optimizar los tiempos de riego por postura y lograr una alta eficiencia de aplicación.

En la Tabla N°5 se presentan valores de largos de surcos sugeridos en función de la pendiente del terreno a favor de los surcos, tipo de texturas de suelo y láminas de agua que se desea aplicar por cada riego.

Tabla N°5. Valores sugeridos de caudal máximo por surco (Qmáx) y largo de surco para diferentes condiciones de pendiente (So), textura de suelo, y lámina de riego aplicar.

		Longitud máxima de los surcos en metros, según textura								
		Gruesa			Media			Fina		
		Lámina de agua a aplicar (cm)								
So (%)	Qmax (L/s)	5.0	10.0	15.0	5.0	10.0	15.0	5.0	10.0	15.0
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	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1.00	0.63	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1.50	0.41	60	80	100	95	130	160	120	175	215
2.00	0.23	50	70	85	80	110	140	105	145	185
3.00	0.21	40	55	65	65	90	110	80	120	145
5.00	0.12	30	40	50	50	70	85	65	90	105

Otro desafío en el riego por surco es definir el tiempo al cual se debe cortar el agua en cada postura. En general, los tiempos de riego se pueden establecer desde el conocimiento de la infiltración. Por ello el tiempo de corte debe ser igual al tiempo necesario para aplicar la lámina requerida más tres cuartos del tiempo de avance que demora el agua en llegar al final del surco.

La Figura N°1 muestra tres condiciones de tiempos de riego: a) el agua se corta cuando llega al final del surco, práctica comúnmente utilizadas; b) el tiempo de corte es igual al tiempo para infiltrar el volumen requerido más tres cuartos del tiempo de avance; y c) cuando el tiempo de corte es igual al tiempo para infiltrar el volumen requerido más el tiempo de avance requerido para llegar al final del surco. Indudablemente, el más recomendado es el caso (b).

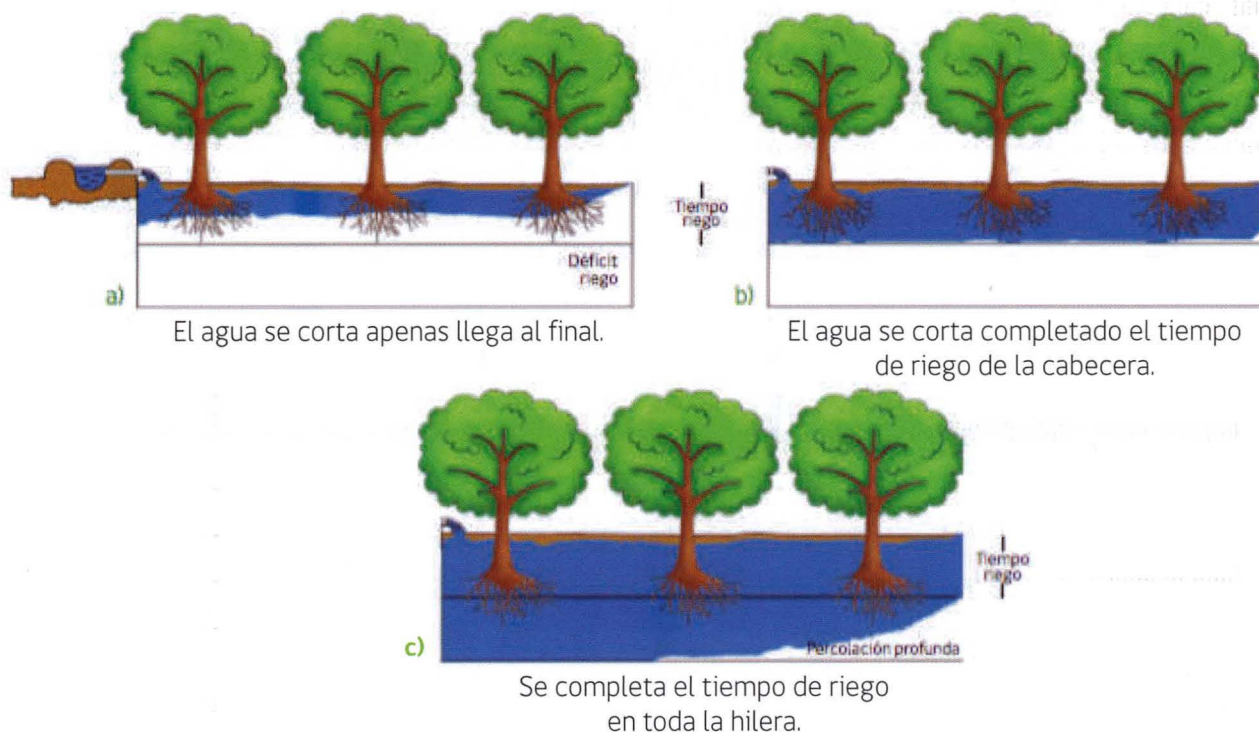


Figura N°1. Tiempos de corte y distribución de agua.

Con el objetivo de reducir las pérdidas de agua al final de cada surco, es que se introduce el concepto de caudal reducido, el cual consiste en reducir en un 50% el caudal aplicado inicialmente al surco, cuando el frente de avance de agua llega al final del surco.

Otro aspecto importante de considerar es la ubicación de los surcos para riego en frutales. Los últimos estudios han demostrado que en suelo franco

los surcos deben estar ubicados a 40 cm desde el tronco, hacia ambos lados de la hilera de plantación. Asimismo, se recomienda mantenerlos durante todo el tiempo que dure la plantación y no cambiar su posición para evitar variación en la zona de extracción de agua por las raíces del frutal. Si es necesario, en suelos delgados o de textura arenosa, se deben colocar dos surcos más paralelos.

Reguera en contorno

Este método de riego por regueras en contorno tiene varias características que justifican su aplicación frente a los distintos escenarios de Cambio Climático, entre las que podemos mencionar: a) Reduce el proceso erosivo provocado por el escurrimiento superficial del agua de riego y el exceso de las lluvias; b) permite incorporar bajo riego superficial sectores del predio con pendientes pronunciadas que sólo

es posible bajo este método; y c) el agua que escurre puede ser reutilizada en los regueros de posiciones más bajas.

El espaciamiento de las regueras es función de la pendiente del terreno y la capacidad de Infiltración del suelo. Como regla general, se pueden sugerir valores como aquellos que se muestran en la Tabla N°6.

Tabla N°6. Espaciamiento entre regueras en función de la pendiente

Pendiente (%)	Espaciamiento (m)
2 - 4	20
4 - 6	15
6 - 8	10
8 - 10	6

Riego presurizado

El riego presurizado consiste en la utilización de emisores de riego que permiten entregar el agua de forma más uniforme y controlada al cultivo. La principal característica de los métodos de riego presurizados es la necesidad de contar con una energía de presión para el funcionamiento normal de los emisores de riego, los cuales dadas sus características requieren una presión de operación o presión nominal para descargar un determinado caudal. Entre los sistemas de riego presurizados se encuentran la aspersión y el microriego (goteo, microaspersión y microjet).

Riego por aspersión

El riego por aspersión se emplea en una gran diversidad de cultivos y condiciones naturales. Sin embargo, es insustituible en las siguientes condiciones:

- Terrenos de topografía irregular,
- Suelos poco profundos en los cuales no pueden realizarse trabajos de nivelación,
- Suelos con alta velocidad de infiltración,
- Disponibilidad de agua en caudales pequeños y largos horarios de riego.

Dado que este método cubre íntegramente el área irrigada, se presta especialmente para cultivos de alta densidad, tales como forrajeras y cereales, y para cultivos hortícolas.

Dado que el foco de este manual son pequeños agricultores, los sistemas mas adecuados para ellos por un tema de costos y de tamaño de predios son los sistemas estacionarios, de los cuales sus componentes son montados en el predio para regar una parte de éste, y posteriormente son cambiados a la siguiente superficie a regar y así sucesivamente.

Las características de los equipos y sus dimensiones son dependientes de cada predio, en donde se debe considerar la velocidad de infiltración de agua en el suelo para la elección de la pluviometría del aspersor, la elección de la tubería es dependiente del caudal y la presión de operación del aspersor, mientras que las características de la bomba son dependientes del caudal y la energía de presión requeridos por el aspersor. Cabe mencionar que todo esto está limitado por la disponibilidad de agua con que cuente el agricultor, la cual puede ser de agua superficial o subterránea.

Microriego

Con el sistema de microriego se tiene como objetivo fundamental mantener parte de la zona radical de las plantas con un nivel de humedad adecuado para no generar estrés al cultivo. La distribución y el nivel de humedad del suelo deben adecuarse en tal forma que la relación entre los factores agua-suelo-planta optimice el uso del recurso, el rendimiento de la planta en términos de producción y desarrollo, y maximice el beneficio neto del agricultor.

El microriego presenta numerosas ventajas, algunas de ellas son comunes a otros métodos de riego; sin embargo, existen algunas que le son exclusivas:

- En general las pérdidas que presenta el método son mínimas.
- No presenta ninguna restricción de tipo topográfico para su establecimiento.
- Permite utilizar aguas con altos contenidos de sales.
- Se obtienen mayores producciones y un incremento en la calidad del producto.
- El riego no interfiere con la aplicación de productos químicos, la cosecha, poda y otras labores culturales.
- Permiten aplicar fertilizantes y otros productos químicos en forma efectiva y en base a las necesidades del cultivo o frutal.

El microriego puede presentar serios problemas en su operación y manejo si el diseño es inadecuado y no se consideran todos los antecedentes de calidad de agua, tipo de suelo y característica de los emisores:

- El taponamiento de los emisores, que es el problema más común en estos métodos de riego, se debe fundamentalmente a causas físicas, químicas y/o biológicas del agua de riego, a los sistemas de filtrado, y el tipo de emisores.
- La salinidad en la zona de raíces puede aumentar sustancialmente bajo inadecuadas condiciones de manejo.
- Inadecuada distribución de humedad.
- Elevado costo Inicial.
- Requiere de una mayor capacidad técnica que otros métodos de riego.

Para el caso de la pequeña agricultura, es posible identificar dos tipos de instalaciones de microriego, las cuales son de tipo fija y móvil. Esta última es muy común para agricultores que arriendan predios agrícolas.

Para el diseño de un sistema de microriego, es necesario contar con el apoyo técnico de profesionales competentes. Para el caso de no poder contar con esta asistencia técnica, el pequeño agricultor debe considerar los siguientes aspectos relevantes para la implementación de un sistema de microriego:

Estimación de la demanda del cultivo

Existen varias aproximaciones para determinar los requerimientos de agua de los huertos frutales u otro cultivo regado por goteo, microaspersión y microjet. Sin embargo, el método mas utilizado es el determinar el escenario de máxima demanda por el cultivo, lo cual es posible calcular de la siguiente manera:

$$ETc = ETp * Kc$$

Donde ETc es la evapotranspiración de cultivo en milímetros por día, ETp es la evapotranspiración potencial (o de referencia) de la zona donde se ubica el predio para el mes de máxima demanda del cultivo (Tabla N°7) y Kc es el coeficiente de cultivo, el cual representa el estado de desarrollo del cultivo (Tabla N°8).

Tabla N°7. Evapotranspiración potencial o de referencia (ETp) para el mes de máxima demanda (enero).

Región del Libertador B. O'Higgins		Región del Maule		Región del Biobío	
Comuna	ETp (mm/día)	Comuna	ETp (mm/día)	Comuna	ETp (mm/día)
Rancagua	6,32	Talca	6,23	Concepción	4,5
Codegua	6,42	Constitución	4,6	Coronel	6,32
Coinco	6,32	Curepto	4,97	Chiguayante	4,6
Coltauco	6,32	Empedrado	5,5	Florida	5,45
Doñihue	6,32	Maule	6,32	Hualqui	5,45
Graneros	6,32	Pelarco	6,32	Lota	4,4
Las Cabras	6,32	Pencahue	5,84	Penco	4,38
Machalí	6,29	Río Claro	6,17	San Pedro de la Paz	4,4
Malloa	6,26	San Clemente	6,32	Santa Juana	5,19
Mostazal	6,35	San Rafael	5,94	Talcahuano	4,26
Olivar	6,32	Cauquenes	6,35	Tomé	5,35
Peumo	6,32	Chanco	4,4	Hualpén	4,2
Pichidegua	5,68	Pelluhue	4,77	Lebu	4,1
Quinta de Tilcoco	6,32	Curicó	5,87	Arauco	4,45
Rengo	6,32	Hualañé	5,77	Cañete	4,3
Requínoa	6,32	Licantén	5,16	Contulmo	4,81
San Vicente	6,29	Molina	5,81	Curanilahue	4,5
Pichilemu	5,61	Rauco	5,9	Los Álamos	4,6
La Estrella	6,39	Romeral	5,81	Tirúa	4,26
Litueche	5,81	Sagrada Familia	5,9	Los Ángeles	6,7
Marchihue	6,32	Teno	6,1	Antuco	5,29
Navidad	4,9	Vichuquén	4,9	Cabrero	6,35
Paredones	4,58	Linares	6,32	Laja	6,87
San Fernando	5,81	Colbún	6,19	Mulchén	5,16
Chépica	6,29	Longaví	6,32	Nacimiento	5,94
Chimbarongo	5,87	Parral	6,32	Negrete	5,67
Lolol	5,94	Retiro	6,32	Quilaco	4,8
Nancagua	5,97	San Javier	6,32	Quilleco	6,03
Palmilla	6,39	Villa Alegre	6,32	San Rosendo	5,94
Peralillo	6,32	Yerbas Buenas	6,32	Santa Bárbara	6,35
Placilla	5,81			Tucapel	5,97
Pumanque	5,7			Yumbel	6,45
Santa Cruz	6,32			Alto Biobío	5,05

Continuación Tabla N°7. Evapotranspiración potencial o de referencia (ETp) para el mes de máxima demanda (enero).

Región de Ñuble	
Comuna	ETp (mm/día)
Chillán	6,32
Bulnes	6,32
Cobquecura	4,38
Coelemu	4,9
Coihueco	6,35
Chillán Viejo	6,1
El Carmen	6,32
Ninhue	5,87
Ñiquén	6,32
Pemuco	6,35
Pinto	6,32
Portezuelo	5,9
Quillón	5,97
Quirihue	5,97
Ránquil	5,2
San Carlos	6,32
San Fabián	5,56
San Ignacio	6,32
San Nicolás	6,32
Treguaco	5,71
Yungay	6,35

Región del Libertador B. O'Higgins	
Comuna	ETp (mm/día)
Lampa	6,84
Til til	6,97
Buin	6,9
Paine	6,9
Melipilla	6,32
Curacavi	6,32
San Pedro	6,42
Talagante	6,71
Peñaflor	6,87
Isla de Maipo	6,84
El Monte	6,42

Tabla N°8. Coeficientes de cultivo referenciales (Kc) para el mes de máxima demanda (enero).

Cultivo	Kc
Achicoria industrial	0,60
Flores en invernadero	0,70
Franbuesa	0,70
Olivo	0,70
Tomate en invernadero	0,81
Frutilla	0,85
Paltos	0,85
Almendros	0,90
Arándanos	0,90
Limón	0,90
Naranja	0,90
Nectarines	0,90
Uva de mesa	0,90
Berries	0,90
Uva vinífera	0,90
AjÍ	1,00
Flores	1,00
Lechuga	1,00
Praderas artificiales	1,00
Praderas mejoradas	1,00
Praderas naturales	1,00
Acelga	1,00
Pepino (hortaliza)	1,00
Alcayota	1,05
Hortalizas	1,05
Melón	1,05
Porotos verde	1,05

Cultivo	Kc
Sandía	1,05
Zapallo de guarda	1,05
Zapallo italiano	1,05
Kiwi	1,05
Melón tuna	1,05
Pimentón	1,05
Brocoli	1,05
Nogales	1,10
Lentejas	1,10
Cebolla	1,15
Duraznos	1,15
Papas	1,15
Porotos	1,15
Garbanzos	1,15
Hierbas medicinales	1,15
Trigo	1,15
Porotos	1,15
Cilantro	1,15
Cerezo	1,20
Ciruelo	1,20
Maíz	1,20
Manzanos	1,20
Perales	1,20
Tabaco	1,20
Remolacha	1,20
Tomate	1,25
Arroz	1,30

Estimada la ET_c del cultivo (mm/día) en el mes de máximo requerimiento y considerando el máximo estado de desarrollo del cultivo, se debe multiplicar este valor por el marco de plantación para determinar la máxima cantidad de agua requerida por cada planta.

Ejemplo:

- Ubicación en la comuna de San Fernando, región de O'Higgins
- Cultivo de arandanos
- Marco de plantación 1 x 2,5 metros.

Solución:

- ET_p en el mes de máxima demanda (enero) = 5,81 mm/día
- K_c máximo = 0,9
- Área por marco de plantación = 2,5 m²

Volumen de agua requerido por día (litros) =
 $ET_p * K_c * \text{Área del marco de plantación}$

Volumen de agua requerido por día (por planta) =
 $5,81 * 0,9 * 2,5 = 13,1$ Litros/día

Considerando la eficiencia de riego por goteo de 0,9, se determina el volumen de agua a reponer, el cual es $13,1/0,9 = 14,5$ litros/día por planta.

Componentes del sistema de microriego

Los emisores varían en tipo y modelo, que va desde tubos perforados, microtubos y bandas perforadas, a complicados diseños geométricos. Los microaspersores son de tipo rotativo o de jet. En general la clasificación de los sistemas de microriego se basa en el tipo de emisor utilizado.

El número de emisores por planta varía en un amplio rango, dependiendo del tipo de cultivo, desde 1 hasta 8 o más en árboles adultos. El volumen de suelo humedecido mínimo recomendado es sobre un 50% del volumen total abarcado por las raíces. Se

recomienda para las zonas de secano no trabajar con caudales de goteros mayores a 2 litros/hora y para zonas de valle no mayores a 4 litros/hora, debido a las condiciones de suelo predominante de esas zonas.

La distribución del agua en el predio se realiza comúnmente con tuberías de PVC y polietileno. Para el caso de las tuberías de PVC, se debe tomar en consideración que la elección de los diámetros debe permitir velocidades de escurrimiento entre 0,8 a 1,5 m/s, con el objetivo de tener bajas pérdidas de energía y evitar la sedimentación al interior de la tubería. También es importante elegir las tuberías en relación a su resistencia a la presión de acuerdo al sistema de riego, lo cual se identifica con la nomenclatura PN6, que indica que la presión nominal de la tubería o resistencia es de 6 bar de presión y equivalente a 60 metros de columna de agua (m.c.a.).

Para el control y manejo del sistema de riego, se utilizan distintos tipos de válvulas, entre las cuales se encuentran las válvulas de compuerta, bola, mariposa, y válvulas hidráulicas de control con solenoide, las que controlan la apertura y cierre de la sección del sistema en general.

Otro componente importante y vital para garantizar la vida útil de los emisores de riego, es el sistema de filtrado. Este debe tener la capacidad para transportar el caudal requerido y remover las partículas finas, de tamaño varias veces menor que el diámetro del elemento dentro del emisor. Los tipos de filtros utilizados en microriego son de: arena, malla, anillas e hidrociclones.

La elección del tipo de filtro debe considerar el origen de la fuente de agua. Para el caso de usar aguas de canal, se recomienda el uso de filtros de arena combinado con otro filtro de malla posterior. En el caso de uso de aguas de pozos, se recomienda sólo el uso de filtros de malla o anillas. En el caso que el agua superficial o el agua subterránea presenta elevados

contenidos de arena, es conveniente utilizar un filtro hidrociclón y posterior a él un filtro de anillas. En ciertas condiciones es posible obviar el hidrociclón, cuando se cuenta con un desarenador.

Para el caso de aplicación de fertilizante mediante el sistema de riego, se recomienda para los pequeños agricultores que cuenten con bombas de superficie, utilizar el método de inyección por succión positiva. Este método consiste en utilizar la misma tubería de succión de la bomba de riego, y dado que este método

no afecta la energía de presión del sistema de riego es de menor costo de implementación.

Para el caso de agricultores que posean bombas sumergibles es aconsejable utilizar el método de inyección por Venturi. La ventaja en el uso de Venturi como sistema de inyección de fertilizante, es que contaremos con una inyección homogénea durante el proceso de riego, lo cual nos garantiza una distribución homogénea en la profundidad de las raíces del cultivo.

Manejo y programación del riego

Programación del riego

La programación de riego es una metodología que nos permite determinar el nivel óptimo de agua a aplicar a los cultivos. Consiste en establecer la frecuencia (¿cuándo regar?) y tiempo de riego (¿cuánto regar?) de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas (relativo al suelo y al clima) del predio. Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas.

La programación del riego, realizada en base a parámetros climáticos y del cultivo, es una buena aproximación para determinar los requerimientos hídricos y el momento de su aplicación. Basados en el ejemplo anterior de demanda de agua por el cultivo, el cual nos indicó un requerimiento diario de 14,5 litros de agua por planta, podemos considerar por planta el uso de cuatro goteros de 2 litros/hora, lo cual nos daría un tiempo de riego diario por sector:

$$\text{Tiempo de riego (TR)} = \frac{\text{Volumen de agua a reponer}}{(\text{Número de goteros} * \text{Caudal de gotero})}$$

$$\text{Tiempo de riego (TR)} = \frac{14,5 \text{ litros}}{(4 * 2 \text{ Litros/hora})} = 1,8 \text{ horas}$$

La frecuencia de riego dependerá de la Humedad Aprovechable del suelo (HA), la resistencia al estrés del cultivo - esto último reflejado en el punto de recarga o criterio de riego (CR) - y de la evapotranspiración diaria del cultivo (ETc):

$$\text{Frecuencia de riego (FR)} = \frac{\text{HA} * \text{CR}}{\text{ETc}}$$

Sin embargo para comprobar y asegurarse que el riego en el predio es oportuno y efectivo, es aconsejable monitorear la humedad del suelo explorado por las raíces de los cultivos. Lo anterior puede ser realizado de forma manual o con instrumentos sencillos para su evaluación.

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

Para comprobar el momento de aplicación, es común en la pequeña agricultura, realizar calicatas en la zona de raíces del cultivo, para verificar el contenido de humedad mediante el método del tacto. Esto se puede mejorar con el uso de un tensiómetro (Figura N°3), que es un instrumento que mide la fuerza con que el agua es retenida en el suelo. Este instrumento está graduado entre 0 y 100 centibares (cbares).

La interpretación de las tensiones es la siguiente:

Tensión 0 centibares. El suelo está saturado, es decir, todos sus poros están ocupados por agua. La permanencia prolongada de este estado de humedad representa un riesgo de asfixia radicular.

Tensiones de 7 a 10 centibares. La disponibilidad de agua corresponde a la capacidad de campo o de retención de agua contra la gravedad y constituye la reserva de agua fácilmente disponible o utilizable por la planta.

Tensiones de 10 a 80 centibares. Para una lectura determinada, la disponibilidad de agua es variable según el tipo de suelo. Valores mayores indicarán

que el agua está retenida en el suelo fuertemente y que dependiendo del cultivo habrá que regar o no.

En la Tabla N°9 se muestran valores referenciales de "tensiones máximas" soportadas por distintos cultivos sin que disminuyan sus rendimientos.

Tabla N°9. Tensiones máximas indicativas de riego para diferentes cultivos.

Cultivo	Tensión (cbar)
Palto	50
Alfalfa	80 - 150
Apio	20 - 30
Cebolla	45 - 65
Cítricos	30 - 100
Col	60 - 80
Coliflor	60 - 70
Frutilla	20 - 40
Lechuga	40 - 60
Maíz	50 - 100
Melón	30 - 60
Papas	30 - 50
Rem. azucar	60 - 80
Tomate	30 - 50
Vid	40 - 100
Zanahoria	50 - 70

Dado que el suelo es el que determina la capacidad de almacenamiento de agua, podemos considerar distintos valores de tensión para inicio del riego, según el tipo de textura de suelo (Figura N°2).

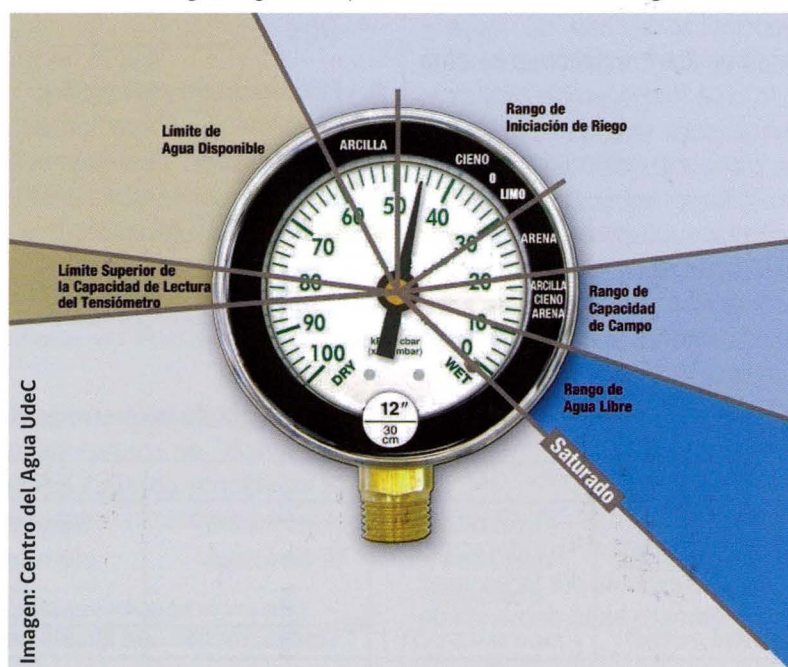


Figura N°2. Valores de referencia para inicio de riego según textura de suelo.

Los tensiómetros vienen en tamaños de: 30, 60, 90 y 120 cm, con valores que fluctúan desde los \$90 mil hasta los \$120 mil pesos. La instalación del tensiómetro debe ser en la zona de mayor concentración de raíces, lo cual es propio de cada cultivo.

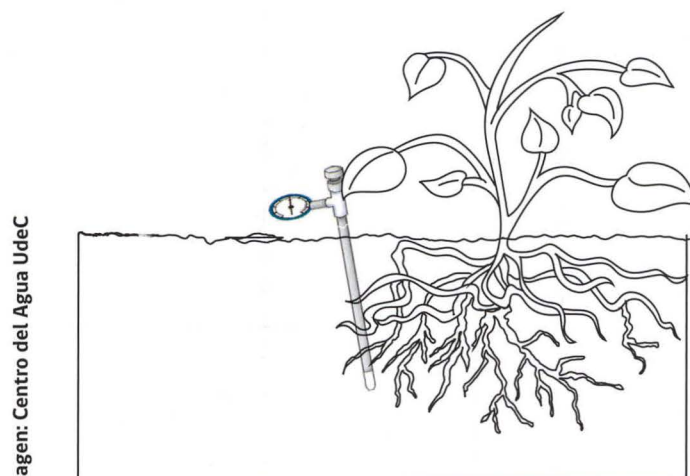


Figura N°3. Instalación de Tensiómetro

Manejo del riego

En las diferentes prácticas de manejo de los sistemas de riego, se busca optimizar el uso de agua y energía. En muchos casos se dan condiciones de baja disponibilidad hídrica, lo cual incide en las prácticas de manejo. Ejemplo de ello es cuando los canales de riego se someten a turno, situación en la cual se deben tomar decisiones: Regar menor superficie o regar deficitariamente toda la superficie cultivada. Para la toma de estas decisiones es necesario conocer las tolerancias al déficit hídrico de los cultivos y sus periodos críticos, en los cuales no es recomendable reducir la aplicación de agua por el alto impacto en la producción de estos, lo cual será abordado más adelante en este manual.

Determinar la calidad de la aplicación de agua a través de los diferentes métodos de riego y su operación, adquiere hoy cada vez más relevancia por la escasez del recurso hídrico y el incremento en la demanda de los cultivos.

El agua aplicada durante el riego debe cumplir, entre otros, los siguientes requisitos:

- Suministrar a la planta el agua requerida.
- Estar distribuida uniformemente sobre el área de riego.
- No exceder la capacidad de almacenamiento de agua del perfil del suelo, para impedir la percolación profunda.
- Evitar la lixiviación del suelo mas allá de lo requerido para prevención de la salinización.
- Minimizar la erosión y el deterioro de la estructura del suelo.

La calidad del riego sólo puede ser determinada considerando varios puntos de vista o modelos, pues uno solo no es capaz de entregar un análisis total de un riego. Algunos modelos para medir la calidad de un riego son: eficiencia de aplicación del agua (EA), eficiencia de requerimiento o eficiencia

de almacenamiento de agua (ER), eficiencia de distribución total (EDT) y coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC).

A.- Eficiencia de aplicación.

La eficiencia de aplicación del agua (EA) se define como la razón entre el volumen de agua retenida en la zona radicular después del riego y el volumen total de agua aplicada en un riego.

$$EA = \frac{\text{Volumen de agua almacenado en la zona radicular}}{\text{Volumen de agua aplicada al campo irrigado}} * 100$$

[1]

B.- Eficiencia de requerimiento.

La eficiencia de requerimiento o eficiencia de almacenamiento de agua (ER), el cual describe si el riego fue adecuado o no en reponer los requerimientos de agua.

$$ER = \frac{\text{Volumen de agua almacenado en la zona radicular}}{\text{Volumen de agua requerido}} * 100$$

[2]

C.- Eficiencia de distribución total.

La eficiencia de distribución total describe la distribución del agua en relación al requerimiento, incorporando tanto los puntos con déficit como con exceso.

$$EDT = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - x_r|}{n * x_r} \right] * 100$$

[3]

donde x_i es la altura de agua infiltrada en el punto i (mm), x_r es la altura de agua requerida por el cultivo (mm), y n es el número total de observaciones.

D.- Coeficiente de Uniformidad

El Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) es una representación estadística de la uniformidad del riego en relación a la media y está definida de la siguiente forma:

$$CUC(\%) = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right] * 100 \quad [4]$$

Donde, x_i es el caudal de agua en emisor i (l/h), $\bar{x}$ es el caudal promedio de los n emisores evaluados (l/h) y n es el número total de emisores evaluados.

Para un ejemplo en la aplicación de evaluación del riego, podemos considerar un huerto frutal, el cual

tiene un volumen requerido por árbol de 120 litros. Se realiza la medición del volumen aplicado en 16 árboles de un sector de riego, registrándose los valores de la columna 3 de la Tabla N°10.

La columna 4 presenta los valores de variación entre el volumen aplicado y el volumen requerido, independiente si fue positivo o negativo. La columna 5 muestra cuánto del volumen aplicado quedó en la zona radicular y la columna 6 muestra la variación de volumen aplicado con respecto al valor promedio de aplicación, el cual fue de 125 litros.

Tabla N°10. Cuadro resumen de caso ejemplo

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Arbol	Volumen requerido (litros/árbol)	Volumen aplicado (litros/árbol)	Variación al volumen requerido (litros/árbol)	Volumen en zona radicular (litros/árbol)	Variación al volumen promedio (litros/árbol)
1	120	210	90	120	85
2	120	200	80	120	75
3	120	120	0	120	5
4	120	150	30	120	25
5	120	180	60	120	55
6	120	120	0	120	5
7	120	120	0	120	5
8	120	120	0	120	5
9	120	100	20	100	25
10	120	100	20	100	25
11	120	100	20	100	25
12	120	100	20	100	25
13	120	100	20	100	25
14	120	100	20	100	25
15	120	100	20	100	25
16	120	80	40	80	45

Con los valores presentados en la Tabla N°10, se aplican las expresiones para el cálculo de los diferentes modelos, obteniendo los siguientes resultados:

EDT	0,77
EA	0,87
ER	0,91
CUC	0,76

El valor de **EDT** nos indica que el riego no es de buena calidad, lo cual está asociado a componentes de manejo y operación del sistema de riego.

El valor de **EA** es aceptable, dado que describe la fracción de agua aplicada almacenada dentro de la zona radicular que es potencialmente accesible para el proceso de evapotranspiración.

El valor de **ER** es aceptable, pero describe que existe un déficit de agua para algunos árboles, lo cual puede afectar la productividad de estos, pero en menor medida.

El valor de **CUC** es deficiente, dado que demuestra que existe una desuniformidad significativa en la entrega de agua en el sector de riego, lo cual se condice con el valor de **EDT**.

Manejo en condiciones de baja disponibilidad de recursos hídricos

El RDC (**Riego deficitario controlado**) es una práctica de ahorro de agua que consiste en concentrar los déficits de riego en periodos menos sensibles de la planta al estrés hídrico. Exige conocer muy bien la planta y su fenología y el nivel de humedad del suelo al momento de la suspensión del riego.

El resultado de numerosas investigaciones confirma que el efecto de la falta de humedad en el suelo sobre el rendimiento final de los cultivos, depende del estado fenológico de la planta al momento del déficit hídrico (ver Tabla N°11).

De forma práctica, el agricultor puede reducir el volumen de agua a reponer en cada riego, esto mediante la disminución de los tiempos de riego en el periodo previo a la floración y posterior a la madurez para los frutales. La magnitud de la reducción pudiese llegar a un 25% del volumen requerido por el cultivo.

Tabla N°11. Periodos críticos de algunos frutales en que el agua no puede faltar.

Cultivo	Periodo crítico
Cerezo	Período de crecimiento rápido del fruto que antecede a la madurez
Duraznero	Período de crecimiento rápido del fruto
Cítricos	Floración a cuaja y fase de crecimiento rápido del fruto.
Damasco	Floración, desarrollo de los botones florales y crecimiento rápido del fruto.
Frutilla	Desarrollo del fruto a madurez
Vid	Comienzo del crecimiento en primavera hasta pinta del fruto
Nogal y almendro	Crecimiento del fruto y desarrollo de la semilla
Manzano y peral	Cuaja hasta poco antes de la cosecha
Olivo	Previo a floración hasta crecimiento final del fruto

Selección de variedad, especie y periodo de cultivos para enfrentar periodos de carencia hídrica

Cultivos tolerantes a déficit hídrico

Las plantas se adaptan a las condiciones adversas que implican un déficit hídrico, utilizando diversos mecanismos de respuesta. Aun cuando los términos de resistencia y tolerancia a la sequía suelen emplearse como sinónimos para referirse a la forma como la planta enfrenta condiciones de escasez de agua, los especialistas suelen hacer una distinción entre ellos.

Plantas resistentes (evitadores) a la sequía o déficit hídrico: Se refiere a la capacidad de la planta para producir, razonablemente, en condiciones de falta de agua. Para ello, genéticamente puede contar con algunas ventajas comparativas, tales como el disponer sus células de una pared celular con alta elasticidad, un sistema radical extensivo y/o profundizador. También puede recurrir a cambios en su morfología (disminución del área foliar, cambios en el color y/o ángulo de la posición de las hojas, incremento de la densidad y/o profundidad de raíces), fisiología (aumento de la resistencia estomática, ajuste osmótico), o metabolismo (disminución de la fotosíntesis, translocación de nutrientes). El maíz, sorgo, y el olivo pueden ser considerados en esta definición.

Plantas tolerantes a la sequía: Se refiere a la habilidad de la planta para escapar, aceptar o soportar la sequía, utilizando mecanismos como la dormancia, tolerancia a la desecación entre otros. Especies desérticas corresponden a esta definición.

Otros dos términos de amplio uso (aclimatación y adaptación) y que suelen emplearse como sinónimos, indican características diferentes asociadas a las plantas.

Aclimatación: se refiere a prácticas de manejo que permiten un aumento de la resistencia de la planta, como resultado de una exposición previa en algún periodo fenológico anterior, al estrés hídrico que pueda sufrir la planta en el futuro (endurecimiento). Un caso típico es el endurecimiento al que son sometidas las plantas en viveros forestales previo a su trasplante en terreno.

Adaptación: corresponde al nivel de resistencia adquirido por la planta en un proceso de selección de muchas generaciones.

Sugerencias de manejo:

- Ajustar el momento de algunas labores, como plantación o fecha de siembra.
- Soluciones técnicas como protección de huertos de daño por heladas o mejorar la ventilación y sistemas de enfriado en galpones.
- Elegir cultivos y variedades mejor adaptadas al largo esperado de la temporada de crecimiento y a la disponibilidad de agua (fenología mejor ajustada a la estación de cultivo).
- Elegir cultivos y variedades resistentes a las nuevas condiciones de temperatura y humedad.
- Mejorar la efectividad del control de plagas y enfermedades, a través de un activo monitoreo, diversificar la rotación de cultivos, o implementar un manejo integrado de plagas.

Cultivos de bajo requerimiento hídrico

Las condiciones agroclimáticas de la zona central de Chile permite el cultivo de una gran variedad de especies con requerimientos hídricos menores o una resistencia al estrés hídrico. Entre los frutales es posible mencionar la higuera, tuna, olivo, pistacho,

granado entre otros. Estos frutales pueden soportar déficits hídricos importantes, sacrificando parte de su potencial productivo; sin embargo, tienen una

respuesta positiva a aplicaciones incrementales de agua. A continuación, se presentan algunas características de estos cultivos.

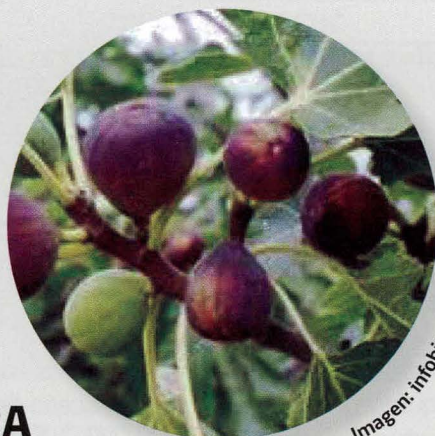


Imagen: infobit.co

HIGUERA

(*Ficus carica*)

Es un árbol de hoja caduca de origen asiático, de tamaño pequeño a mediano de hasta 10 metros de altura. Es un árbol bastante rústico, por lo que resiste condiciones de heladas. Las variedades existentes son: son: Cabra-higo, Esmirna, San Pedro, higo común, Kennedy y Calymirna.

La higuera es una atractiva opción para remplazar otros cultivos tradicionales más demandantes de agua. La higuera se desarrolla mejor bajo condiciones de intensa radiación solar, alta temperatura en verano

(en el rango de 25°C a 42°C), inviernos moderados y una baja humedad relativa, condiciones típicas de secano. Su sistema de cultivo es por trasplante y siembra directa, con marcos de plantación en cultivo extensivo de 8 x 8 metros y en cultivo intensivo con marcos de 5 x 5 metros.

Existen higueras que producen dos veces en el año, higos en otoño, y las yemas latentes que pasan el invierno y maduran a la primavera forman brevas, fruto de mayor tamaño. Presenta un gran crecimiento de raíces y se adapta a diversos suelos, aunque su rendimiento es mayor si el suelo es franco-arcilloso, con una buena retención de agua. Se sugiere contar con suelos de pH entre 6 a 7,8 y profundidades mínimas de 1,2 metros.

Tradicionalmente, los higos se cultivan en condiciones de secano; sin embargo, su cultivo actualmente se está estableciendo bajo riego e incorporando diferentes tecnologías para incrementar el rendimiento y la calidad de la fruta, con tasas de aplicación de agua de 3.500 - 4.000 m³/ha/año. En huertos jóvenes bajo riego se alcanzan rendimientos de 10 a 40 toneladas/hectárea.



Imagen: 2000agro.com.mx

TUNA

(*Opuntias*)

La tuna, es un cactus originario de México, donde se cultiva tanto por sus frutos como por sus brotes. Las variedades existentes son: Roja, Til-Til y Cauquenes.

Como todo cactus, la tuna está adaptada para crecer en zonas con poca agua. Las raíces de las tunas son muy superficiales, y están cubiertas de una gruesa corteza que evita que pierdan agua cuando el suelo se seca.

Los frutos de las tunas se cosechan entre febrero y mayo, bajo las condiciones de la zona central de Chile. En nuestro país, se produce además una segunda

cosecha, en invierno, que produce un fruto más grande y menos dulce.

Esta segunda cosecha, su fruto se conoce como tuna "inverniza" y alcanza el doble del precio de la tuna de verano en el mercado interno.

Se recomienda establecer los huertos plantando una paleta por posición en marcos de plantación de 2 x 4 a 4 x 4 metros, formando plantas en copa que intercepten eficientemente la luz, lo que les permite producir una mayor cantidad de fruta en posiciones más fáciles de cosechar. Como regla simple, se puede

considerar que una paleta no debe cargar más de 12 frutos y que el máximo tamaño de fruto se obtiene dejando 6-8 frutos por paleta.

Tradicionalmente, la tuna se cultiva en condiciones de secano; sin embargo, su cultivo actualmente se está estableciendo bajo riego e incorporando diferentes tecnologías para incrementar el rendimiento y la calidad de la fruta, con tasas de aplicación de agua de 3.500 - 4.500 m³/ha/año. En huertos jóvenes bajo riego se alcanzan rendimientos por variedad de : 1,5 toneladas/hectárea (Roja); 6,6 toneladas/hectárea (Til-Til); y 6,9 toneladas/hectárea (Cauquenes).



OLIVOS

(Oleáceas)

Imagen: cropscience.bayer.cl

En la zona central de Chile existen variedades destinadas principalmente a la extracción de aceite de oliva. Éstas corresponden a las variedades Arbequina, Picual, Frantoio y Leccino. También, se encuentra la variedad Sevillana, destinada a la producción de mesa, preferida por pequeños productores debido a su gran rusticidad y tolerancia a extensos ciclos de sequía. Para el caso de la variedad Sevillana, la productividad es de media a alta (5 a 8 toneladas/hectárea).

La variedad Arbequina posee alto rendimiento en kilos de fruta como en rendimiento graso, lo que la ha hecho muy popular entre los productores. Destinada exclusivamente a la extracción de aceite, aunque a partir de su fruto se pueden desarrollar diversas

opciones. La producción es precoz, obteniéndose al segundo año de plantación las primeras cosechas, pueden llegar a 800 kg/ha y alcanzar rendimientos máximos al 4º y 5º año de hasta 22 toneladas por hectárea.

Se recomienda establecer en suelos de profundidad efectiva superior a 0,8 m, donde el crecimiento de raíces no sea impedido. Suelos mullidos de textura franco - franco arenosos y con un contenido de materia orgánica superior a 2%, son los que presentan una máxima potencialidad productiva de la especie.

El olivo crece bien en suelos que van de moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos (pH entre 5,5 y 8,5).

Las tasas de aplicación de agua fluctúan entre 2.000 - 8.000 m³/ha/temporada. Los máximos valores se han informado en la variedad Sevillana, en huertos de 8 años en la zona de San Felipe, región de Valparaíso. Los menores valores de aplicación son posibles en zonas de secano con aportes de precipitaciones superiores a 300 mm/año, pero con clara reducción de los rendimientos.



Imagen: Stan Shebs - wikipedia.org

PISTACHO

(Fam. Anacardiáceae - pistacia)

El pistacho se presenta como un cultivo muy atractivo para la pequeña agricultura, dado que presenta buenas condiciones para establecimiento en seco y gran respuesta en su producción con la aplicación de riego controlado. Las variedades establecidas entre la región Metropolitana y la región del Maule son: Kerman (fandoghi), Aegina y Larnaca.

El pistacho puede crecer en una amplia gama de suelos, aunque prefiere los arenosos, profundos, con buen drenaje y pH sobre 7.

Desde el punto de vista climático, requieren un mínimo de acumulación de horas de frío (bajo 7°C): en un rango de 700 a 900 horas, dependiendo de la variedad; 800 para Kerman y 700 para variedades de menor requerimiento como Aegina o Larnaca. Se recomienda el establecimiento en zonas con alta acumulación de grados días, de preferencia superior a 2.700 grados día.

Los rendimientos esperados pueden fluctuar de 700 a 2.000 kilos/ha/año, desde manejo sin riego a uso de riego tecnificado, con tasas de aplicación de agua para este último de 5.000 - 7.000 m³/ha/temporada, según su ubicación geográfica y condición agroclimática.



Imagen: zumodegranada.com

GRANADO

(Fam. Lythraceae - *Punica granatum*)

El granado *Punica granatum* L. pertenece al orden Myrtales, familia Punicaceae, la que está representada por dos especies: *P. granatum* y *P. protopunica*, siendo producida en Chile, solamente la primera con el fin de obtener sus frutos.

El granado, es una especie de hoja caduca, de crecimiento arbustivo, sus frutos se caracterizan por estar repletos de semillas, cuyo interior pulposo es rico en jugo.

Existen diferentes variedades de granado, desde los dulces a los agrios, que se caracterizan por su piel de color más intenso y por ser más ácidos.

Bajo condiciones climáticas favorables, el fruto madura entre 5 a 7 meses después de la floración. La temperatura mínima de brotación es de 5 °C, con

temperaturas óptimas de crecimiento sobre 15 °C. En receso invernal soporta temperaturas de hasta -10 °C.

El granado es considerada una especie "rústica" debido a su alta tolerancia a salinidad y sequía, y también a su adaptación a suelos pobres y pedregosos. Sin embargo, aunque es una especie tolerante al déficit hídrico prolongado, no se garantiza la calidad de sus frutos al final de la temporada.

Los rendimientos esperados fluctúan entre 10 a 12 toneladas/hectárea, siendo 8 a 16 kg/ árbol, con un máximo observado de 30 a 40 kg/árbol en plena producción.

Idealmente y para obtener mejores rendimientos, las condiciones de suelo son de textura alcalino y arenosos, con pH entre los rangos de 7,8 a 8,5 y profundidad mínima de 2 metros para el óptimo crecimiento radicular del arbusto.

El método de riego recomendado es el riego por goteo, ya que permite realizar un uso eficiente del agua. En el caso de zonas en que el agua no es limitante, se puede regar por surcos, e incluso inundación, siempre y cuando el suelo cuente con buenas condiciones de drenaje, ya que las raíces del granado son susceptibles a la anoxia radical. Las tasas de aplicación de agua pueden alcanzar de 5.000 - 7.000 m³/ha/temporada, según su ubicación geográfica y condición agroclimática.

Los marcos de plantación para este cultivo son amplios con medidas de 6x4 metros, ya que según la experiencia las plantaciones en alta densidad han tenido problemas de emboscamiento, lo que requiere podas severas y su consecuente pérdida de rendimiento y productividad.

Las podas recomendadas se deben realizar en invierno siendo suaves.

En zonas con otoños lluviosos, es importante tomar precauciones para evitar partidura de frutos y en zonas de baja suma térmica estival se corre el riesgo de que una alta proporción de la fruta no alcance a madurar. El uso de variedades tempranas permitiría evitar ambos problemas en dichas zonas. Las principales labores a realizar para obtener mejores rendimientos son:

- la elección de la variedad adecuada;
- la poda de formación y la conducción de la planta para evitar que sus ramas se arqueen, provocando que los frutos entren en contacto con el suelo y el desgarramiento de ramas y/o plantas completas. En este aspecto es clave eliminar todos los frutos cuajados durante los 3 primeros años;
- el raleo de frutos múltiples y tardíos; y
- los manejos que reduzcan las pérdidas de valor comercial de los frutos por golpe de sol, partidura, ramaleo y daños por plagas y enfermedades.

Para cultivos anuales, la estrategia apunta a reducir la exposición de las plantas a condiciones de estrés hídrico, especialmente en periodos de floración y polinización, o de activo crecimiento del fruto o grano a cosechar. En el caso de los cereales y leguminosas de grano, se recomienda sembrar lo más temprano posible, dentro del periodo libre de heladas. Como esta época abarca desde otoño hasta fines de invierno - inicios de primavera, la ocurrencia de lluvias permitiría un desarrollo adecuado del cultivo.

Cultivos de periodos de desarrollo corto

Emplear especies de rápido desarrollo, en donde el tiempo transcurrido desde emergencia o trasplante hasta cosecha sea breve, posibilita minimizar los efectos de una falta de agua. Una alternativa atractiva es la posibilidad de cultivar hortalizas invernales, que soportan bien condiciones de bajas temperaturas al amanecer, y que se desarrollen de buena forma con las condiciones de radiación solar y temperaturas existentes durante el transcurso del día. Como en esta época del año la evapotranspiración de los cultivos es reducida, el consumo de agua puede ser sostenido por la lluvia o el agua almacenada en el suelo.

Cabe destacar que las duraciones de las etapas de crecimiento varían significativamente de región en región, con las condiciones climáticas y de cultivo, y con la variedad del cultivo. Se recomienda al usuario obtener información local apropiada.

Algunas de estas especies tienen una alta demanda por el mercado gourmet, y si va acompañada de técnicas de agricultura orgánica, los retornos económicos pueden ser altamente atractivos. Es por ello que es de vital importancia el informarse de las alternativas de producción, adaptabilidad a las condiciones del lugar, condiciones de mercado y las vías o canales de comercialización.

Las especies recomendadas para inviernos severos son: acelga, coliflor, brócoli, lechuga y espinaca. A continuación se presentan algunas características técnicas de estos cultivos y consumos de agua en periodos de invierno.

ACELGA

Clasificación:

Fam. Chenopodiaceae - *Beta vulgaris var cicla*

Variedad:

Fordhook, Verde Penca Blanca, Silverado.

Rendimientos esperados:

3-4 cortes en la temporada.

Rango de consumo de agua:

500 - 1.300 m³/ha/temporada



Imagen: cotidianaasalud.blogspot.com

COLIFLOR

Clasificación:

Fam. Brassicaceae - *Brassica oleracea var botrytis*

Variedad:

Candid Charm, Incline, Snow Ball, Guardian, Defender, Devina, Twingo

Rendimientos esperados: 20 tonelada/hectárea.

Rango de consumo de agua:

1.700 - 2.200 m³/ha/temporada



BRÓCOLI

Clasificación:

Fam. Brassicaceae - *Brassica oleracea var italica*

Variedad:

Green Belt, Arcadia, Marathon, Shogun, Heritage, Legacy, Tradition.

Rendimientos esperados: 12 tonelada/hectárea.

Rango de consumo de agua:

1.000 - 2.200 m³/ha/temporada.



LECHUGA

Clasificación:

Fam. Asteraceae - *Lactuca sativa*

Rango de consumo de agua:

650 - 1.500 m³/ha/temporada

Imagen: lechuga.info



Variedad:	Ideal Cos	Sahara	Mohawk	Victoriosa	Gallega de invierno	Grand Rapids	Pyramids Cos	Winterhaven
Tipo:	Costina de primavera - verano	Escarola de verano, recomendada para valles centrales	Escarola de otoño y primavera (verano en zonas costeras)	Milanesa de primavera - verano	Milanesa de otoño - invierno	Loose Leaf (hoja suelta)	Costina de media estación	Escarola de invierno
Establecimiento:	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior / Invernadero	Exterior / Invernadero	Exterior	Exterior / Invernadero	Exterior / Invernadero
Ciclo/ Precocidad:	65 - 75 días	60 - 75 días	70 - 80 días	60 - 70 días	65 - 75 días	45 - 50 días	65 - 75 días	80 - 90 días
Densidad de plantación:	50 - 80 mil plantas/ha	50 - 80 mil plantas/ha	50 - 80 mil plantas/ha	80 - 100 mil plantas/ha	100 - 120 mil plantas/ha	50.000 - 100.000 plantas/ha	50 - 80 mil plantas/ha	50 - 80 mil plantas/ha

ESPINACA

Clasificación:

Fam. Chenopodiaceae - *Spinacia oleracea*

Variedad:

Bolero, Olympia (resiste floración), Shasta (crece en invierno), Nordic, Baker, Condesa.

Rendimientos esperados:

Mercado fresco : 10-15 tonelada/hectárea

Industria : 15-20 tonelada/hectárea

Rango de consumo de agua:

500 - 1.500 m³/temporada

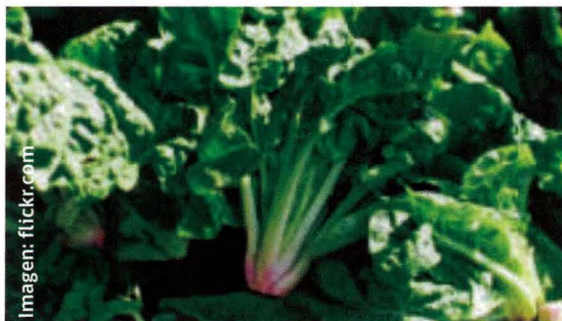


Imagen: flickr.com

Así mismo, entre los cultivos recomendados para inviernos suaves se pueden mencionar: alcachofa, arveja, perejil, ajo, puerro, rábano, remolacha, rúcula, zanahoria y avena forrajera.

Cultivos de otoño – invierno

Precauciones especiales relacionadas al drenaje de los suelos deben tenerse en cuenta cuando se practica la agricultura en la temporada otoño-invierno. Suelos que permanecen inundados por periodos superiores a los dos días limitan severamente la posibilidad de manejo agrícola, debido a que son pocos los cultivos que sobreviven periodos más prolongados de asfixia radical.

Los cereales como el trigo, avena, cebada, y leguminosas de grano como lentejas y garbanzos son alternativas a considerar. También la introducción de praderas anuales o el mejoramiento de las praderas actuales existentes son alternativas que, asociadas a ganadería caprina u ovina, pueden ser viables y sustentables en el tiempo.

De acuerdo con datos de la FAO: “como regla general, el agua necesaria de aplicar para los cultivos asciende a 1.500 m³ por tonelada de cereal cosechado”. Dicho de otra manera, se necesitan 1,5 toneladas de agua para producir 1 kg de cereales

TRIGO

El cultivo debería tener en forma permanente una humedad mayor al 50% del agua disponible para la planta en el rango que va desde capacidad de campo a punto de marchitez permanente en su perfil de suelo. Se puede determinar la humedad en forma manual, usando una pala o un barreno. También es recomendable recorrer el potrero para ver la uniformidad de las condiciones de humedad del suelo, para efectuar un riego adecuado y determinar los sectores con problemas.

La época de siembra depende de la variedad elegida, la localidad y el tipo de suelo. En la zona centro sur (regiones del Maule y Bío Bío), bajo condiciones de riego, se aconseja sembrar entre el 15 de julio y agosto, mientras que en el secano interior se recomienda sembrar el mes de mayo. Por otro lado, en suelos arenosos de la Región del Bío Bío se sugiere entre el 15 de julio y agosto, pero en suelos rojos de la misma zona se recomienda junio. De la misma manera, las fechas de siembra son distintas en la zona centro norte y en la zona sur. Debido a esta amplia variación, es fundamental averiguar cuál es la época óptima de siembra, según la variedad elegida y las condiciones de suelo y clima de la localidad. La importancia de la época de siembra radica en que existen variedades de hábito de desarrollo invernal, alternativo y primaveral y cada una de estas tiene diferentes requerimientos térmicos para emerger, generar macollos productivos, y pasar de etapa vegetativa a reproductiva, y expresar su potencial productivo. **Siempre se debe privilegiar la fecha más temprana dentro del rango recomendado.**

En el establecimiento del cultivo se ubica el primer componente de rendimiento: número de plantas/m². Si el establecimiento del cultivo no es el adecuado y se obtiene un bajo nivel poblacional, no se podrá alcanzar niveles altos de rendimiento. La emergencia de plantas depende principalmente, de la disponibilidad de humedad en la cama de siembra, las temperaturas (época de siembra), el uso de semilla certificada, la dosis utilizada y la profundidad de siembra.

Hay cuatro momentos clave, además de la siembra, en los que el agua no debería ser un factor restrictivo. Estos momentos son: la iniciación de las raíces de la corona (cuando se inicia el macollaje), el encañado, la antesis o floración y el estado de grano lechoso. De estas cuatro etapas, la floración es la más sensible a una falta de agua. Un cultivo con estrés hídrico rápidamente pierde potencial de rendimiento. El primer efecto de la falta de agua sobre el crecimiento es que la expansión de las hojas

se detiene. Las yemas que están prontas para crecer desarrollándose en macollos permanecen latentes y, por lo general, el tallo principal continúa su desarrollo. Si la falta de agua continúa, el cultivo eventualmente no producirá todas las hojas, macollos y espigas que debería y, por tanto, su cubierta foliar será pobre, con pocas espigas y granos. Si el estrés hídrico ocurre después de la floración, los granos se verán afectados, ya que en ese momento son la parte de la planta que está creciendo. Los estomas se cierran, las hojas se enrollan, mueren primero las hojas más viejas y después las más jóvenes y la planta acelera el movimiento de las reservas almacenadas hacia los granos para llenarlos tanto como sea posible antes de morir. La consecuencia del estrés post-antesis, durante el estado lechoso, es que los granos terminan arrugados y pequeños.

LEGUMBRES

(garbanzos, porotos, lentejas)

Las leguminosas se adaptan a una amplia gama de suelos, desde arenosos a arcillosos, siempre y cuando tengan un buen drenaje. La acumulación de agua provoca asfixia en las raíces y favorece el ataque de hongos causantes de pudriciones radiculares.

La preparación del suelo debe comenzar lo más temprano posible, de forma que los residuos del cultivo anterior se descompongan completamente durante el barbecho. Por otro lado, las labores de preparación de suelo deben cumplir con el objetivo de lograr un suelo libre de terrones y malezas, y alcanzar la humedad adecuada al momento de la siembra.

La mejor época de siembra es a partir de la primera semana de mayo hasta la primera semana de junio. Siembras más tardías producen bajos rendimientos, especialmente cuando las lluvias primaverales son escasas.

Es muy importante, utilizar semillas certificadas, ya que de esta forma estaremos asegurando un

porcentaje de germinación y también podremos guiarnos por tablas de manejo de cultivos específicos, con valores mínimos garantizados, medidos y acorde a la zona geográfica y climática en la cual se asiente el cultivo.

En la planificación del riego debe considerarse la humedad de suelo al momento de siembra. Si el suelo está seco y de ser posible, se debe dar un riego de presiembra (recomendación), para poder tener un establecimiento del cultivo más rápido (lo que favorece también la absorción de los fertilizantes). Posterior a la emergencia (que puede tardar entre 15 a 20 días) entre los días 30 y 35 se debe dar el primer riego, el segundo riego entre los 50 y 60 días y el tercer riego después de los 70 a 80 días después de siembra, cuando se está en el periodo de llenado de granos.

El volumen de agua aplicado, considerando tres riegos, se estima en alrededor de 1.500 m³ en legumbres, comparando con otros cultivos bajo inundación como el arroz, que desde siembra a madurez requiere aplicaciones en torno a los 18.000 m³ por temporada.

Cultivos tempranos

Entre las especies agrícolas que pueden ser consideradas de interés frente a condiciones de carencia hídrica en la zona central de Chile, es posible mencionar la quínoa y los trigos precoces de primavera sembrados en invierno.

La quínoa es una especie que ha ido cobrando gran interés debido a sus características nutritivas y culinarias altamente valoradas por el mercado. De origen andino, ha mostrado una gran adaptabilidad a diferentes tipos de climas, según variedad o ecotipo. Siembras tempranas y la aplicación de uno a dos riegos posibilitan la obtención de producciones aceptables.

Cultivos asociados y doble cultivo

Los cultivos asociados corresponde a la práctica agrícola de incorporar dos cultivos simultáneos, desarrollándose en forma paralela, lo que permitiría hacer un uso más eficiente del espacio, radiación solar, agua y nutrientes. Ejemplos de esta práctica son el cultivo de maíz asociado con poroto, o el cultivo de alguna hortaliza entre las hileras de una plantación frutal a la espera de que entre en plena producción. Ejemplo de ello es el establecimiento de brócoli con lechuga (Imagen N°1) y maíz con poroto o haba.

El doble cultivo se refiere al uso inmediato de un segundo cultivo en la rotación, sin necesidad de esperar el inicio de una nueva temporada agrícola. Así, maíz o poroto sembrado inmediatamente después

de la cosecha de trigo, correspondería a este tipo de prácticas, o el de una hortaliza que siga a otra.

En la actualidad la rotación de cultivos es considerado como un sistema que le da sustentabilidad a la producción. La inclusión de diferentes tipos de cultivos es el mejor y más efectivo control de enfermedades y plagas. Más recientemente, debido al aumento de los costos de energía, se ha producido un renovado interés por la rotación de cultivos como una fuente de nitrógeno. Muchos efectos de la rotación son sitio específico, y sus efectos se aprecian en el contenido de materia orgánica, estructura del suelo, erosión, enfermedades, plagas, disponibilidad de nutrientes y otros. La Tabla N° 12 muestra algunas sugerencias de rotación de cultivo.



Imagen N°1: Asociación de cultivos de brócoli con lechuga.

Imagen: Centro del Agua UdeC

Tabla N°12. Sugerencia de rotaciones de cultivo por región y zona.

Región	Secano costero	Valle
Metropolitana	Repollo-tomate-lechuga (seguridad de riego)	Maíz-tomate-porotos
	Trigo-lenteja-quínoa	Coliflor-maíz (choclero o dulce)-arveja
O'Higgins	Trigo-garbanzo-quínoa	Cebolla-lechuga -maíz dulce
	Trébol subterráneo-avena-quínoa	Tomate-repollo-maíz dulce o choclero-lechuga de invierno
Maule	Papas-avena vicia(forraje)-trigo	Sandia-habas-maíz choclero o dulce)-repollo
	Sandia-brócoli- maíz dulce o choclero-lechuga	Cebolla- brócoli- -maíz -lechuga
	Trébol subterráneo- trigo -quinoa	
Biobío	Trébol subterráneo -lenteja	Papas- avena o vicia-maíz
	Papas-trigo -avena para forraje	Tomate-avena-zapallo

Ambas prácticas (cultivos asociados y doble cultivo) permiten un uso más intenso del suelo, una mayor productividad, menor variabilidad en los ingresos y un menor riesgo. Sin embargo, es necesario disponer de la información necesaria que avale y recomiende este tipo de manejo en la zona.

Cobertores para inducir precocidad

El uso de cobertores en la agricultura es una práctica que cambia los parámetros climáticos de temperatura, radiación solar, humedad relativa y velocidad de viento dentro de la cubierta vegetal. Su uso permite proteger a los cultivos de lluvias no deseadas y bajas temperaturas. En general, es posible lograr inducir precocidad completando más rápido el tiempo termal (grados-día) que requiere una especie.

En el mercado existe una amplia oferta de mallas y cubiertas plásticas, con diferentes características según el objetivo que se persiga. En la actualidad, destacan las mallas de polietileno (monofilamento

o tejido); la rafia (polietileno de alta densidad PEAD); y el film de polietileno de baja densidad (PEBD).



Imagen: Freddy Pizarro

Polietileno en Hortalizas

Para inducir precocidad, el uso de plásticos térmicos permite dejar pasar la radiación de onda corta que viene del sol, pero impide la pérdida de radiación termal hacia el espacio que emite el suelo y cultivo. De este modo, es posible lograr un incremento de la temperatura ambiente promedio en varios grados Celsius y, quizás lo más importante, atenuar las bajas de temperatura nocturna que puedan ser dañinas para el cultivo. Las zonas donde se recomienda su uso dependerá de los valores de temperaturas mínimas registradas y el número promedio de heladas anuales, lo cual se puede ver en el punto abordado anteriormente de Zonas Agroclimáticas.

Especiales cuidados de manejo de la ventilación deben siempre tenerse en cuenta para evitar alzas excesivas de temperatura durante los días despejados.

En la pequeña agricultura su uso se centra en las hortalizas de otoño - invierno, con la instalación de microtuneles.

Experiencias en el uso de cobertores para inducir precocidad en frutillas, se han registrado adelantos de 30 días de la cosecha y en arándanos 10 días.

Una práctica común es el uso de cobertura en cucurbitáceas para adelantar fecha de siembra o trasplante (alrededor de mayo y junio), lo cual

permite obtener cosechas en fechas más tempranas y con ello poder acceder a mejores precios de comercialización. Para cucurbitáceas se han registrado reducciones o adelanto de cosecha de hasta 14 y 20 días, mientras que para las hortalizas de hoja, el tiempo de producción se reduce alrededor de 7 a 14 días.

Reducción de la demanda de agua de riego Mulch

Se emplea en frutales y hortalizas, y en cultivos hilerados como frambuesa, frutillas y arándanos. El mulch puede ser orgánico (paja, viruta, aserrín) o inorgánico (plásticos).

Además de ayudar a controlar la pérdida de agua del suelo por evaporación, su principal uso tiene relación con el control de malezas, evita la degradación del suelo, y realiza un control de la temperatura del suelo. Es recomendable utilizar riego localizado (cinta, goteo) para optimizar el uso del agua de riego, ya que el mulch impide o minimiza la evaporación de agua dentro de los primeros 10 cm de profundidad de suelo, producto de la acción directa de la radiación solar o el viento. La reducción de la demanda de agua de riego fluctúa de un 10 a un 25%, lo cual depende del estado de desarrollo y cobertura del cultivo.



Mulch inorgánico



Mulch orgánico

Cortinas y/o mallas sombreadoras

El uso de cubiertas horizontales para reducir la demanda de agua se logra a través de disminuir la carga solar sobre el cultivo. Así, existen en el mercado las llamadas mallas Raschel de distintos colores y con diferentes porcentajes de intercepción de luz. Los efectos más inmediatos tienen relación con la disminución de los golpes de sol en la fruta. Por otro lado, existen antecedentes que el uso de mallas de colores podrían contribuir a un incremento de la producción y/o calidad de los frutos. Se han registrado reducciones de evaporación del orden del 11% y, por consiguiente, la demanda de agua de riego.

Imagen: hortomallas.com

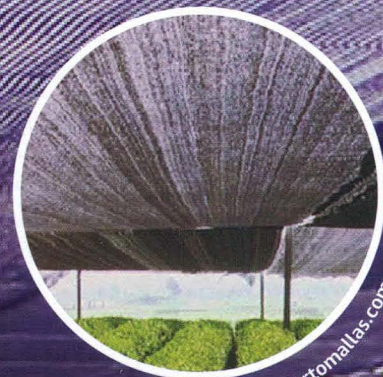


Imagen: hortomallas.com

Corta vientos

El empleo de cortinas verticales pretende disminuir tanto el efecto mecánico como ambiental del viento. En general, vientos sobre 6 kilómetros por hora, empiezan a ser dañinos para la agricultura. El efecto mecánico se traduce en un daño a la estructura de la planta o caída de flores y frutos. Por otro lado, el viento puede contribuir a deshidratar la planta al elevar la demanda de agua de la atmósfera por la remoción del vapor de agua de la cubierta vegetal, disminuyendo la humedad relativa y aumentando la sequedad del ambiente. Así, al disminuir la velocidad de viento se reducen las pérdidas de agua y la erosión eólica, se modifica el régimen térmico y es posible lograr aumentos en la producción.

Los cortavientos pueden ser hileras de árboles específicos orientados perpendicularmente a la dirección de los vientos predominantes. También los cortavientos pueden construirse con mallas plásticas permeables, con la ventaja de no competir por recursos con las plantas a proteger. Estudios han reportado reducciones entre un 10 a 30% en la evaporación

del suelo y una reducción de hasta 50% en la evapotranspiración para separaciones entre mallas de 4 a 7 veces su altura.

Imagen: nutriflor.com



Cultivo en invernaderos

Un invernadero es una estructura que permite aislar cultivos de las condiciones climatológicas del exterior. Independiente del material seleccionado para su construcción, otorga la posibilidad de controlar la temperatura y la humedad del ambiente, pudiendo realizar cosechas tempranas o aceleradas de distintas especies, fuera de temporada, con mayor rendimiento e importantes beneficios en la calidad final del producto y el uso del agua.

Las principales ventajas de cultivar en invernadero son:

- Precocidad de cosechas (se acorta el ciclo vegetativo),
- Aumento de rendimiento,
- Posibilidad de obtener cosechas fuera de época,
- Frutos de mejor calidad (limpios, sanos y uniformes),
- Ahorro de agua,
- Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos, y
- La posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo, dos o tres cosechas al año.

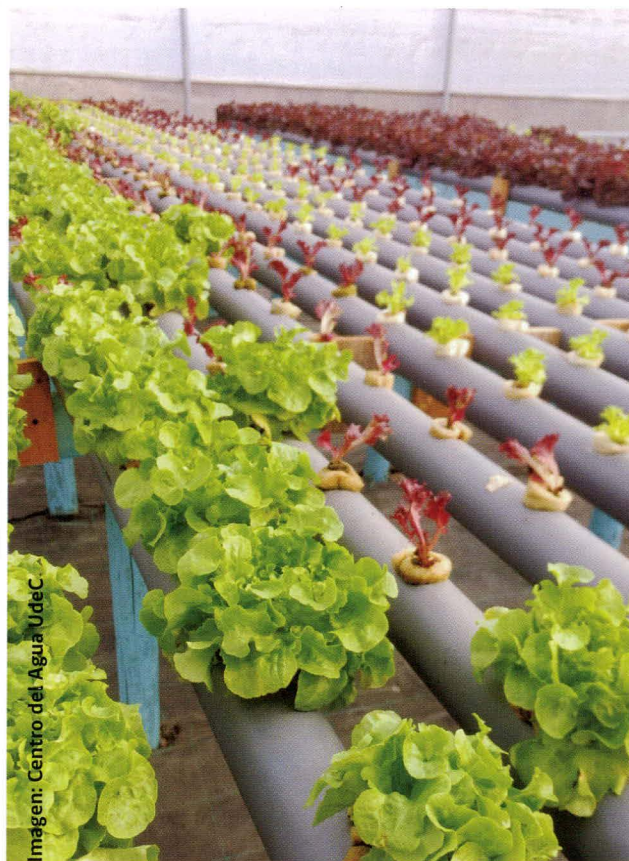


Imagen: Centro del Agua UdeC

ESTRUCTURA BÁSICA DE UN INVERNADERO:

El invernadero está compuesto por dos elementos básicos, la estructura de soporte, que puede ser construida en fierro, madera o PVC y la membrana translúcida que permite atrapar la energía del sol, entregar luz a las plantas y aislar las cosechas. Comúnmente se realiza en vidrio, policarbonato o plástico, siendo este último el más utilizado, debido a lo económico que resulta.

A la estructura básica, se agregan elementos de ventilación que permitan regular la temperatura y humedad interior, tecnología de riego, fertilización,

termómetros o climatizadores, que permiten un mejor uso del recurso y una mayor economía en la producción.



Imagen: Centro del Agua UdeC

CÓMO CONSTRUIR UN INVERNADERO

Para construir un buen invernadero, es importante considerar ciertos elementos previos que permitan su funcionamiento óptimo.

- Terreno disponible
- Orientación
- Dimensión
- Forma
- Materiales constructivos.



Terreno disponible

Es recomendable analizar la ubicación del invernadero para evitar problemas posteriores que una vez construido son muy difíciles de solucionar.

Evitar zonas de niebla o bruma permanente. La bruma puede generar excesiva humedad exterior y oscurecer la zona, dificultando el control de la temperatura.

Buscar un lugar protegido del viento. El viento tensa la estructura y sobretodo la membrana plástica, afectando su duración y el sello que permite aislar las cosechas.

Seleccionar una ubicación alejada de caminos de tierra. El polvo de los caminos se deposita sobre la estructura, tensando la membrana, oscureciendo el interior, dificultando el paso de luz y su eficiencia térmica.

Orientación

Dos son los elementos principales a considerar al momento de orientar el invernadero.

El primero es dirección y velocidad del viento en el lugar escogido y la segunda, la orientación del sol. La orientación ideal es de Este a Oeste.

Es importante acuanar el invernadero para que el viento no golpee de lleno, ninguno de sus lados. Con esto en consideración, se debe buscar una posición lo más eficiente posible para la captación de la luz solar, sobretodo durante la mañana, permitiendo que se produzca un rápido aumento de la temperatura interior.

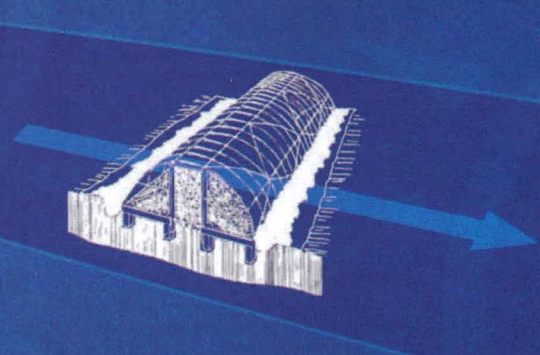
Orientación del Sol

Imagen: Centro del Agua UdeC



Dirección del Viento

Imagen: Centro del Agua UdeC



Dimensión / Tamaño

El tamaño del invernadero influye directamente sobre su eficiencia térmica, determinando la temperatura máxima y mínima del ambiente interior. Según este rango, se determinará qué especies plantar, y en qué condiciones de crecimiento y germinación.

- El largo máximo recomendado es de 30 metros.
- El ancho, se determina según el largo de las planchas a utilizar.
- El alto determina el tiempo que tomará calentar el ambiente por la mañana y para enfriarse durante la noche.

Forma

La forma más eficiente para construir un invernadero luminoso es la forma semicircular, tipo túnel, con la que se logra la máxima luminosidad.

Los techos planos o poco inclinados, con espacios sombríos, no permiten calentar el ambiente adecuadamente.

Estructura Tipo Túnel

Imagen: Centro del Agua UdeC

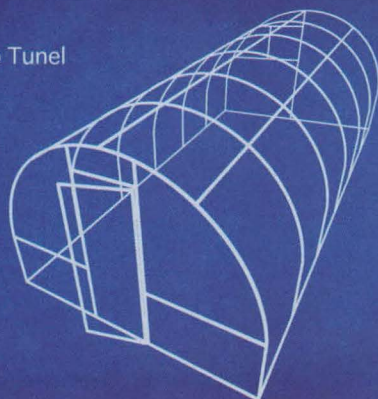
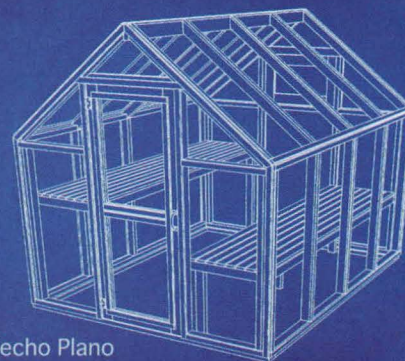


Imagen: Centro del Agua UdeC

Estructura de Techo Plano



Materiales constructivos

Para construir un buen invernadero, es importante diferenciar dos elementos:

- La estructura y
- La cubierta.

Los materiales más comunes para construir un invernadero son el pvc, la madera y el metal, siendo el metal, el material que aporta la mayor durabilidad estructural.

La estructura

El invernadero necesita una estructura de soporte que le permita resistir el peso de la membrana aislante, y las condiciones climáticas externas como el viento y la lluvia.



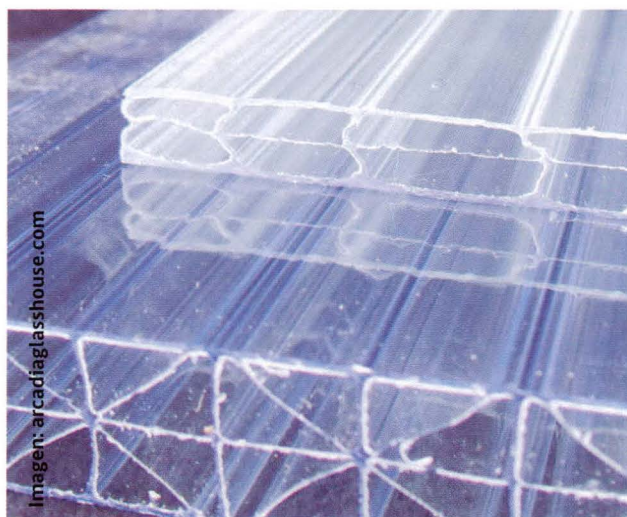
La cubierta aislante

El elemento clave de una buena cubierta, es la transparencia.

Las cubiertas plásticas suelen ser las más baratas y resistentes, pero pueden no ser las más eficientes para aislar las condiciones exteriores.

Se recomiendan las placas de policarbonato o similares, las cuales aportan una mayor eficiencia térmica, pero son más costosas.

La cubierta de cristal es la mejor alternativa, pese a ser la más cara de todas, ya que permite capturar una mayor cantidad de luz y calor, incluso en climas muy fríos.





En condiciones extremas, ya sea por estacionalidad o ubicación geográfica, es importante considerar algunos aspectos que nos permitan controlar estas condiciones y mantener una temperatura optima dentro del invernadero.

El calor extremo, paraliza el desarrollo de las plantas, pudiendo matarlas por exceso de temperatura. Para combatir el exceso de calor, se recomienda el uso de sombreaderos, ventanas frontales, laterales y lucarnas que permitan ventilar y bajar la temperatura dentro de la estructura.

Las condiciones de frío extremo, provocan graves daños en la planta y en la calidad final de la producción, afectando el rendimiento general del cultivo.

Para prevenir heladas, se recomienda el uso de cámaras de aire de doble pared, aunque disminuyen la luminosidad, y asegurarse de la total hermeticidad del invernadero.



Imagen: Centro del Agua UdeC

Utilizar plásticos térmicos, que permiten atrapar una mayor cantidad de rayos infrarrojos, aumentando la temperatura general.

Mantener el invernadero cerrado y controlar cualquier filtración en la cobertura.

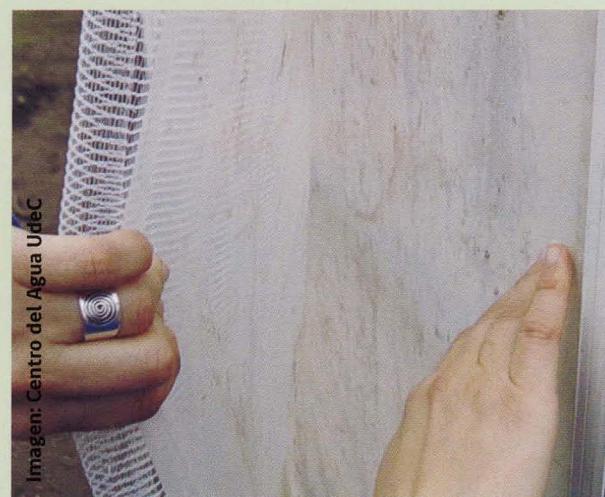


Imagen: Centro del Agua UdeC

EL SISTEMA DE RIEGO

Controlar el riego dentro del invernadero, es fundamental. Para calcular el riego necesario, debemos conocer la capacidad de retención de agua del suelo y las necesidades específicas de la especie a cultivar.

Una simple remoción manual de 5 a 10 cm alrededor de la planta, nos permite revisar la humedad del suelo cultivado.

Es recomendable evitar el riego con altas temperaturas. Elija regar temprano en la mañana o al atardecer, para evitar las pérdidas por evaporación.

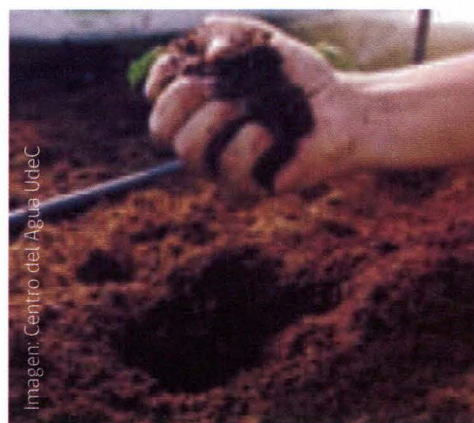


Imagen: Centro del Agua UdeC

Humedad al tacto

En invernaderos cada vez son más utilizadas técnicas para mantener y controlar de mejor forma la humedad del suelo, y que por otro lado ayudan al mejor manejo, como por ejemplo: mesas altas con vermiculita, fibra de coco, u otro sustrato, sobre el suelo hacer pequeños camellones aplicando materia orgánica, entre otros.

La utilización de sustrato se ha masificado en invernaderos, por sus ventajas, entre las cuales destaca el dar anclaje a las raíces, además de propiciar la aireación y retener mayor humedad en el suelo. Entre los más utilizados se encuentran: fibra de coco, vermiculita y lana de roca.

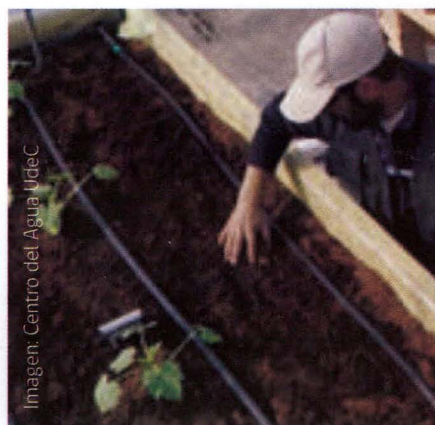


Imagen: Centro del Agua UdeC

Mesas altas

No es recomendable realizar riego tendido en esta modalidad, debido al poco control y su baja eficiencia. Así mismo, el riego por aspersión genera demasiada humedad, daña las plantas y requiere una alta inversión inicial.

El método óptimo de riego en invernaderos es el riego por goteo o mediante cintas. Estos métodos permiten una mayor eficiencia y control en el uso del agua, se adaptan a diferentes tipos de cultivo, no generan excesiva humedad, facilitando el control de malezas y permite realizar fertirrigación, mejorando la aplicación de fertilizantes.



Fibra de coco



Vermiculita



Lana de roca



CONSEJOS IMPORTANTES

Para mantener un ambiente óptimo dentro del invernadero, es importante considerar algunos aspectos de manejo:

- Mantener una rotación de cultivos con variedades resistentes.
- Evitar el uso excesivo de fertilizantes.
- Controlar la presencia de insectos, malezas y restos vegetales.
- Mantener un termómetro dentro del invernadero.
- No plantar huertos muy densos.
- Registrar las temperaturas máximas y mínimas diarias.
- Sembrar considerando la temporada y la ubicación geográfica.
- Mantener una correcta ventilación, controlando la humedad y temperatura interior.

Si es posible automatizar el riego, se producen ventajas en la operación del cultivo, en la eficiencia de los recursos utilizados y sobretodo, permite dedicar tiempo a otras labores mientras se riega.

En cuanto a la producción, en el caso de las hortalizas, en zonas del secano interior, existen dos épocas bien determinadas de producción bajo invernadero. Una primera época es durante los meses de otoño e invierno (marzo a agosto), en que se puede producir especies que pueden

crecer con temperaturas más bajas y no son susceptibles a las heladas. La segunda época transcurre en los meses de primavera y verano (septiembre a enero) y en ella se pueden producir especies que requieren mayor temperatura para desarrollarse y son susceptibles a las heladas. En el primer grupo, de otoño-invierno, se encuentran las hortalizas de hoja como lechuga, espinaca, acelga, perejil y cilantro, y en el segundo grupo, de primavera-verano, están las hortalizas de fruto como tomate, pepino, ají, pimiento y porotos verdes.

Conclusiones

Las estrategias a ser implementadas por los agricultores, son dependientes de su ubicación geográfica, escala productiva, capacidad de inversión y riesgos más relevantes a los cuales se puede ver enfrentado su sistema productivo. El identificar los potenciales escenarios o amenazas que puede enfrentar o estar sometido un agricultor o conjunto de agricultores, permite definir las estrategias o medidas de adaptación al Cambio Climático que deben ser implementadas, las cuales deberán ser evaluadas desde un punto de vista financiero o económico, priorizando las estrategias y/o acciones que generen un mayor impacto o beneficio a los agricultores.

Los principales efectos del cambio climático en la pequeña agricultura, tienen relación con la reducción de la disponibilidad de agua y el incremento de eventos extremos de temperaturas (heladas y aumento de las temperaturas máximas), los cuales demandan a los pequeños agricultores en modificar sus sistemas productivos y en algunos casos más extremos, reducir la superficie cultivada.

En muchos casos las barreras de implementación de las medidas de adaptación en la pequeña agricultura pasan por la falta de conocimiento de los agricultores y el costo de implementar las medidas de adaptación.

El fortalecimiento del conocimiento de los agricultores sobre las medidas de adaptabilidad al cambio climático, será la mejor estrategia de ser implementada para garantizar la permanencia y crecimiento de la pequeña agricultura en Chile.

La transferencia de conocimiento y difusión tecnológica, juega un rol relevante para la implementación de tecnologías que permitan garantizar una correcta implementación y uso de estas. Los principales esfuerzos que se debe realizar en esta materia tiene relación en la formación de extensionistas certificados, así como también, el vincular los sistemas productivos con los grupos de investigación aplicada que se encuentran en los ITP's, Universidades y Centros de I+D+i Regionales.

Una estrategia que permitiría favorecer la difusión y absorción tecnológica, así como también, la implementación de medidas de adaptación al Cambio Climático en la agricultura, es el establecimiento de Parcelas Demostrativas, las cuales sean utilizadas en convenios de colaboración con los Centro de I+D+i o Universidades, con el objetivo de garantizar la implementación, funcionamiento y evaluación de resultados de lo que se establezca en ellas. También, es relevante garantizar la calidad de las actividades de transferencia de conocimiento y difusión tecnológica hacia los agricultores, a través de extensionistas certificados por alguna institución pertinente en el área.

Cabe destacar que cuando hablamos de extensionismo en la pequeña agricultura, es de suma importancia que las técnicas de transferencia utilizadas permitan llegar a todos los agricultores, los cuales presentan distintos niveles de formación educacional. Es por ello que las técnicas utilizadas deben considerar como principio esencial el de "aprender haciendo", lo cual debe ir de la mano con el acompañamiento y asesoramiento de los extensionistas certificados.



CHILE LO
HACEMOS
TODOS

yo
cuido
el agua

Comisión Nacional de Riego
Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 1449, torre 1, piso 4
Santiago - Región Metropolitana
teléfono: 22 425 7990

