

CNR-0412

CHILE LO  
HACEMOS  
TODOS

Gobierno de Chile

yo  
cuido  
el agua

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



CNR-412



**Equipo técnico**

Nicole Uslar Valle  
Ingeniero Civil Agrícola  
Universidad de Concepción

José Luis Arumí Ribera  
Ingeniero Civil  
Universidad de Concepción

Luis Octavio Lagos Roa  
Ingeniero Civil Agrícola  
Universidad de Concepción

José Contreras Urízar  
Ingeniero Agrónomo  
Universidad de Concepción

Carolina Manríquez Parra  
Ingeniero Civil Agrícola  
Universidad de Concepción

Walter Valdivia Cea  
Ingeniero Agrónomo  
Universidad de Concepción

Henry Murillo López  
Ingeniero Agrónomo  
Universidad de Concepción

Andrés Pérez Barriga  
Ingeniero Civil Agrícola  
Universidad de Concepción

Roberto Fuentes Lagos  
Profesional División de Estudios, Desarrollo y Políticas  
Comisión Nacional de Riego

Cristian Navarrete González  
Profesional División de Estudios, Desarrollo y Políticas  
Comisión Nacional de Riego

La ejecución del programa y la elaboración de este material de apoyo a la capacitación ha sido desarrollada por el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción.

## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	<b>7</b>
Ventajas competitivas de la agricultura chilena en cuanto al clima	8
Clima de Chile y distritos agroclimáticos	9
Cultivos	11
Disponibilidad de agua en las principales cuencas del sur de Chile	11
Situación del cambio climático en Chile. Situación actual y tendencias en el mediano plazo	12
<b>IMPACTOS Y POSIBLES CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>13</b>
<b>PEQUEÑA AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>16</b>
Situación del cambio climático en Chile. Situación actual y tendencias en el mediano plazo	17
Características de las distintas cuencas del sur	19
Cultivos principales	19
Prácticas culturales y de riego	26
Comercialización y precios de venta	26
Disponibilidad de agua de riego e infraestructura disponible	27
Calidad de agua disponible y métodos de riego utilizados. Eficiencias en el uso del agua	27
<b>ESTRATEGIAS PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>29</b>
Disponibilidad y calidad de agua, calidad del suelo y de mano de obra familiar por cuenca	30
Disponibilidad de infraestructura extra predial	30
Disponibilidad de infraestructura intra predial	31
Técnicas y estrategias para enfrentar períodos de carencia hídrica	32
Cultivos de bajos requerimientos hídricos	36
Cultivos de otoño invierno, cultivos tempranos, doble cultivo	38
Cultivos en invernadero, una alternativa para el control del clima	41
Evaluación económica de estas estrategias	44
<b>MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA</b>	<b>49</b>
Diversificar tipo de cultivo, adelantar o retrasar fechas de siembra o plantación	50
Planificar la superficie de siembra	50
Transferencia tecnológica permanente en manejo hídrico del riego	53
Infraestructura de captación, acumulación y conducción	54
Tecnologías de aplicación del agua de riego	59
Producir bajo condiciones controladas de clima	62
Establecimiento de especies y porta injertos resistentes a la sequía	66
Establecimiento de un nuevo patrón de cultivo y los nuevos requerimientos hídricos	67
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>

# PRESENTACIÓN



Fotografía: Franco Oteiza.

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

Los efectos que ha tenido y tendrá el cambio climático en la disponibilidad de agua para riego y el manejo de cultivos agrícolas debido a los extensos períodos de sequía, aumento de las temperaturas medias, entre otros presenta desafíos importantes para la agricultura de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. En estas zonas, la agricultura depende mayormente de la precipitación y disponibilidad de agua subterránea. Existe mayor incertidumbre de la época e intensidad de lluvias que pueden provocar el retraso de la fecha de plantación o daños en los cultivos recién sembrados, si las lluvias son de gran intensidad. Las olas de calor son cada vez más frecuentes, afectando tanto el crecimiento de la planta por déficit hídrico puntuales que se pueden producir en esos períodos, como en daños en los frutos por golpe de sol que afectan la calidad del producto y su precio en el mercado. Por otra parte, existe poco conocimiento de las posibilidades de establecer cultivos de otoño o invierno en que, generalmente los terrenos no son utilizados, considerando que son una alternativa para la agricultura familiar campesina para mantener un nivel de ingreso durante el año.

La falta de agua y la ineficiente forma de aplicarla a los cultivos, la precaria infraestructura de conducción y acumulación acentúan más aún el problema. En los últimos años, se ha visto una disminución significativa de la disponibilidad de agua subterránea por lo que la mejor utilización del agua con métodos de riego tecnificado y un conocimiento más acabado de los requerimientos hídricos de los cultivos se hace indispensable.

El presente manual está enfocado a entregar las principales prácticas de manejo eficiente del riego, y las prácticas y estrategias de manejo de los cultivos en condiciones de déficit hídrico. Los cultivos de otoño invierno al aire libre y cultivos bajo invernaderos son otra alternativa que es necesario promover entre los agricultores.

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 tanto técnicas como económicas.

## ASPECTOS GENERALES



Fotografía: Franco Oteiza.

La agricultura chilena se ha enfrentado continuamente a procesos de cambio que incluyen tanto el mejoramiento tecnológico en procesos productivos y elaboración de alimentos, como la apertura del mercado debido a acuerdos comerciales con otros países. Si bien estos factores tienen mayores efectos en la agricultura intensiva, la pequeña agricultura no debe quedarse atrás e incorporar tecnología para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. En este sentido, es vital transferir conocimientos y capacitar a los productores en técnicas de riego, energías renovables, manejo agronómico y alternativas de comercialización.

El cambio climático impone un desafío no menor: el desarrollar estimaciones para escenarios futuros del clima con el mayor nivel de certeza posible, ya que no se pueden seguir usando con total certeza las estadísticas históricas sobre las cuales se han basado los diseños estructurales y pronósticos de disponibilidad de agua superficial. Los pronósticos deben incluir mayor información, no sólo datos históricos, sino también influencias de ciclos El Niño-La Niña, entre otros.

Son varios los factores climáticos que podrían ser amenazas para la producción de los cultivos. Entre estos están las heladas, las sequías, las lluvias, ondas de calor y de frío que han afectado la cuaja de muchas especies en los últimos años. Adicionalmente, hay fenómenos emergentes como el granizo y el viento que será necesario incorporar dentro de la gestión de los sistemas de producción en las décadas que vienen.

Las instituciones relacionadas con el recurso hídrico han dado cuenta de la necesidad de establecer normas, como declaraciones de agotamiento de aguas superficiales, decretos de reserva, áreas de restricción de aguas subterráneas y acuíferos protegidos. En numerosas cuencas de Chile la situación hídrica es preocupante. Para Chile una proyección de aumento en la temperatura y una baja en las precipitaciones; se prevé, en algunos casos, el adelantamiento de ciclos agrícolas y el descenso en la productividad de cultivos tradicionales como cereales y leguminosas, además de disminuir el rendimiento de los frutales. También, según el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022, donde se proyecta para Chile una reducción significativa de los caudales medios mensuales en las cuencas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos y una elevación de la isoterma de 0 ° C.

## Ventajas competitivas de la agricultura chilena en cuanto al clima

Después de la minería del cobre, la agricultura representa la actividad económica que le reporta más recursos al país. Chile es el mayor exportador de global de uva de mesa, arándanos y cerezas frescas, manzanas y ciruelas deshidratadas. La diversidad territorial y climática permite también la diversidad productiva a lo largo y ancho del país. Barreras naturales como la Cordillera de los Andes, el océano Pacífico, el desierto de Atacama dificultan el ingreso de plagas y enfermedades que pueden constituir un peligro para la producción agrícola.

Por otra parte, la ubicación geográfica de Chile permite la producción de frutas y verduras en contra estación de los mayores mercados como Estados Unidos, Europa y Asia. Esta es, sin duda, una ventaja ya que permite la exportación durante el período de producción a precios más elevados. Además, Chile tiene el potencial productivo contra estación de productos, tales como arándanos, frambuesas y avellano europeo, que son altamente demandados en países desarrollados y cuya demanda se espera sea creciente en el futuro cercano. En el caso de la pequeña agricultura, la comercialización de sus productos se realiza en mercados locales y desde el predio por lo que las opciones de mayor rentabilidad vienen dadas por la inserción de nuevos cultivos y productos elaborados con mayor valor agregado. El desarrollo de nuevos cultivos implica, necesariamente adaptarse a los requerimientos hídricos y manejo agronómico de éstos. Es aquí donde el cultivo bajo plástico, mulch e implementación de riego tecnificado cobran relevancia para, por ejemplo, adelantar períodos productivos para lograr cosechas tempranas a mejor precio y producir en épocas de baja precipitación supliendo el requerimiento de agua con riego tecnificado. El nuevo escenario climático en el país, en especial en la zona sur de Chile permitirá la producción de cultivos no tradicionales de mayor rentabilidad para los agricultores o con posibilidad de darle valor agregado y ampliar el período de comercialización.

## Clima de Chile y distritos agroclimáticos

La extrema longitud del país, sumada a otras características como las barreras naturales que forman las cordilleras y las

corrientes marinas subtropicales en el norte y polares desde el sur, traen como resultado una gran diversidad de climas en el territorio (Figura 1), los que se expresan tanto en sentido latitudinal como en su perfil. Los climas del país van desde los de tipo desértico en el norte, con precipitaciones promedio de menos de 1 mm/año, a los templados lluviosos fríos en el extremo sur, con lugares cuyas lluvias superan los 5.000 mm/año. Esto permite una gran variedad de formas de vida animal y vegetal, que son la base del diversificado desarrollo agrícola y forestal del país. Sin embargo, el clima del país ha ido evolucionando hacia temperaturas promedio más altas y menores montos de precipitaciones. Estas tendencias ilustran los principales efectos del cambio climático en nuestro país (ODEPA, 2017).

En la parte baja y media de las cuencas entre la IX y X regiones, donde se concentra la producción agropecuaria, se desarrolla un clima templado cálido lluvioso con influencia mediterránea. Se caracteriza por presentar precipitaciones a lo largo de todo el año, aunque en verano se presenta menor pluviosidad que en invierno. El mes más frío tiene una temperatura entre 18°C y -3°C, y la media del mes más cálido supera los 10°C. Las temperaturas no sufren una gran variación por latitud, siendo la unidad térmica y lo poco significativo de las oscilaciones, una notable característica de este clima. Al sur de Llanquihue

predomina el clima marítimo lluvioso que se caracteriza por presentar temperaturas bastante bajas y regulares, inferiores a 12°C y aumento de la pluviosidad, que varía entre los 2.300 y 3.000 mm como promedio anual.

Los distritos agroclimáticos son áreas que presentan condiciones agroclimáticas homogéneas, delimitadas y caracterizadas por variables relevantes para la agricultura, resumiendo condiciones térmicas e hídricas de invierno y de verano (CIREN). La información básica proviene de series de datos de temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación, entre otras, y que son registradas por estaciones meteorológicas. Con el análisis estadístico y espacial se hace la cartografía básica y se establecen los valores de variables de interés agrícola.

El Centro de Agricultura y Medioambiente junto con la Universidad de Chile desarrolló un Atlas Agroclimático de Chile que busca analizar el escenario climático actual y futuro (próximas décadas) en relación a la producción agrícola. Para cada distrito agroclimático se describe, además de variables meteorológicas como temperaturas máximas y mínimas, evapotranspiración potencial, precipitación, humedad relativa; parámetros claves para el establecimiento y manejo de cultivos agrícolas como horas frío, número de heladas anuales, déficit hídrico anual, período seco/húmedo, período de receso vegetativo, entre otros.

## Climas de Chile

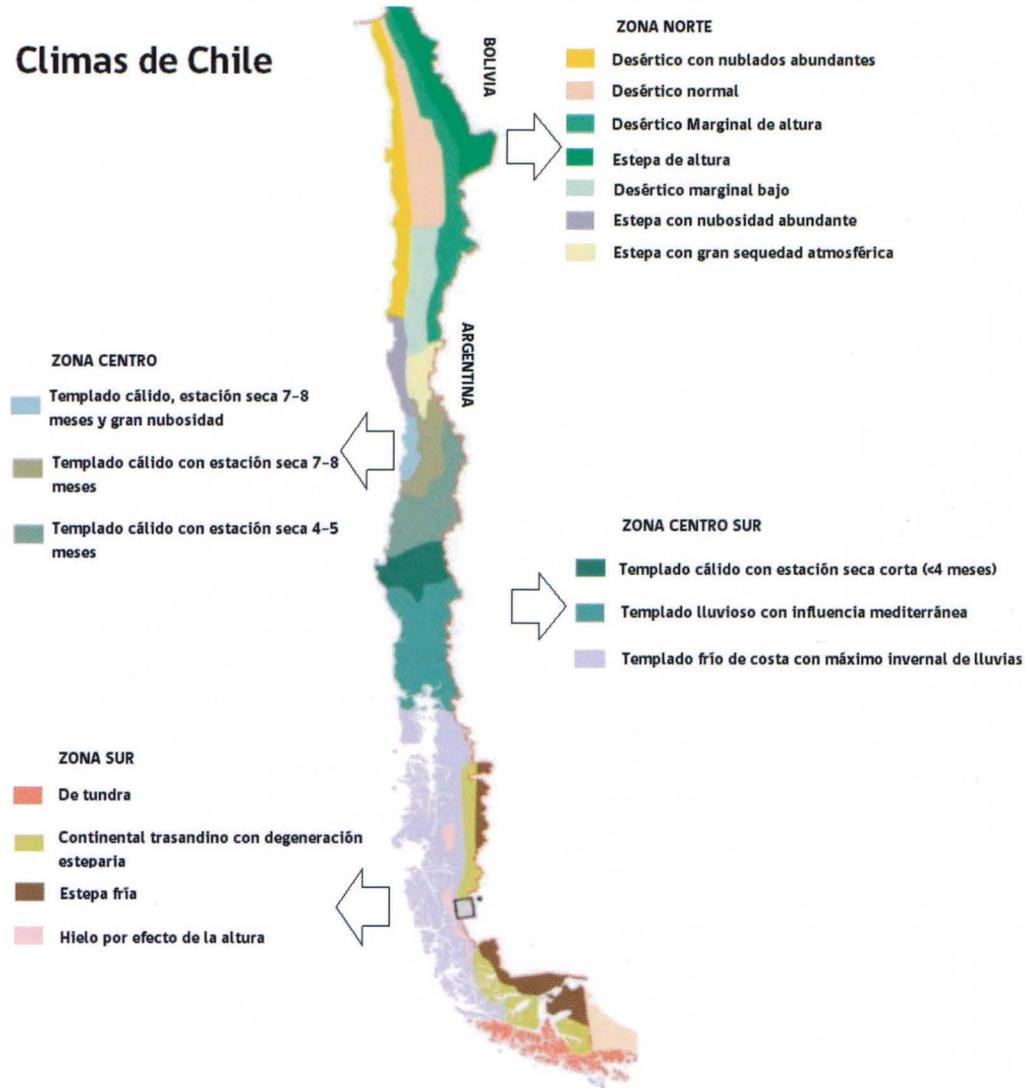


Figura 1. Climas de Chile.

## Cultivos

**La Araucanía.** Según el Censo Agrícola (2007), el principal uso de la superficie en la región corresponde a plantaciones forestales, seguido por cereales y plantas forrajeras. Estos tres rubros concentran el 92,6% de las hectáreas de uso silvo agropecuario de la región. A su vez, la región presenta gran importancia, a nivel nacional, en los rubros:

1. Cultivos industriales: principalmente cultivadas en zonas de secano, en las comunas de Lautaro, Nueva Imperial, Padre las Casas, Perquenco, Collipulli, Traiguén y Victoria.
2. Cereales: se cultivan de preferencia en las comunas de Freire, Lautaro, Perquenco, Vilcún, Collipulli, Curacautín, Ercilla, Traiguén y Victoria.
3. Leguminosas y tubérculos: se concentran principalmente en Carahue, Freire, Nueva Imperial, Saavedra, Teodoro Schmidt y Toltén.
4. Plantas forrajeras: se localizan preferentemente en las comunas de Freire, Vilcún, Villarrica y Victoria.
5. Semilleros y almácigos: se cultivan de preferencia en las comunas de Gorbea, Vilcún, Freire, Cunco y Perquenco.

Cabe mencionar que la región cuenta con casi un 30% de los huertos caseros frutales a nivel nacional, que corresponden a plantaciones familiares de diferentes especies para subsistencia o, en algunos casos, para comercialización en baja escala (ODEPA, 2017).

Si bien la superficie de frutales y frutales menores no es significativa, en los últimos años se han establecido huertos de avellanos europeos (agricultura mediana y grande) y se ha aumentado la superficie de frutales menores, tales como berries (arándanos, frambuesas, frutillas) con mayor participación de pequeños agricultores.

**Los Ríos.** La región es predominantemente forestal, forrajera y cerealera. A nivel nacional cabe destacar, además de los rubros ya mencionados, la participación de la región en la producción de huertos caseros.

1. Forrajeras: el 13,1% de la superficie con plantas forrajeras en el país se cultiva en Los Ríos, lo que demuestra la vocación

ganadera de la región. Las especies forrajeras de mayor cultivo son ballica inglesa y mezcla de forrajeras. Ambas se cultivan principalmente en las comunas de Los Lagos, Río Bueno y La Unión.

2. Cereales: destaca la producción de cebada cervecera, papa y cebada forrajera.

3. Frutales: en la región se concentra gran parte de la producción nacional de cranberry (65%) y en menor medida zarza parrilla roja, arándano y castaña (8 a 10%, cada especie).

Si bien la superficie de frutales y frutales menores no es significativa, en los últimos años se han establecido huertos de avellanos europeos (agricultura mediana y grande) y se ha aumentado la superficie de frutales menores, tales como berries (arándanos, frambuesas, frutillas) con mayor participación de pequeños agricultores.

**Los Lagos.** Los principales usos de suelo de la región corresponden a plantaciones forestales, plantas forrajeras y cereales.

1. Forrajeras: Más de la mitad del cultivo de forrajeras (ballica, ballica inglesa y mezcla forrajera) se desarrolla en la provincia de Osorno, seguido por Llanquihue. En los últimos años, se han incorporado otras especies forrajeras como la festuca y el pasto ovillo que presentan características apropiadas para los nuevos escenarios climáticos.

2. Tubérculos: Cabe destacar que casi el 100% del cultivo de tubérculos corresponde al cultivo de papa. En la región se cultiva el 20,7% de papa del país y destacan las provincias de Llanquihue y Chiloé.

3. Frutales: Si bien la superficie es baja, en la región se produce casi la totalidad de la zarza parrilla negra y grosella del país, además de gran porcentaje de la producción de zarza parrilla roja y maqui.

## Disponibilidad de agua en las principales cuencas del sur de Chile

Las cuencas de los principales ríos chilenos se desarrollan entre la Cordillera de Los Andes y el Océano Pacífico. Por esta razón, estas cuencas poseen pendientes moderadas a fuertes y son relativamente pequeñas si las comparamos con las cuencas

del lado Atlántico de nuestro continente.

La disponibilidad de agua en la zona central de Chile dependerá de cómo se puede almacenar el agua que precipita abundantemente durante el invierno para alimentar los ríos durante el verano y otoño que es cuando las lluvias escasean. El almacenamiento se produce de las siguientes formas:

- La acumulación de agua en los glaciares andinos y su posterior entrega mediante derretimiento.
- Recarga, acumulación de agua en los sistemas acuíferos fracturados existentes en la Cordillera de los Andes y su posterior descarga a través de manantiales que alimentan los cauces de la pre cordillera.
- Lagos que almacenan agua y que alimentan los ríos que nacen de ellos.
- Recarga, acumulación de agua en los sistemas acuíferos existentes en el valle central y su posterior descarga a través de vertientes que alimentan ríos y humedales.

En cada cuenca, variará la importancia relativa de cada uno de estos sistemas de almacenamiento. Por ejemplo, en la cuenca del Cautín el derretimiento de nieve juega un papel importante en la hidrología, pero el efecto de los glaciares es de menor importancia. Además, localmente el efecto del almacenamiento de agua en los sistemas fracturados andinos genera múltiples vertientes que nacen en Curacautín. Ríos como el Toltén o el Maullín nacen desde grandes lagos y por eso poseen más reservas que ríos que nacen desde la Cordillera de la cordillera de la Costa donde no hay nieve y muy poca agua subterránea y que por eso pueden llegar a secarse en verano.

La disponibilidad de agua dependerá de donde nace cada río, en invierno siempre habrá agua abundante porque hay lluvias abundantes. Los ríos Andinos tendrán derretimiento de nieve y vertientes que alimentarán los cauces durante el verano y el otoño y los ríos de la Cordillera de la Costa al carecer de nieve y poseer limitada agua subterránea tenderán a secarse al final del verano. Debemos controlar las extracciones de agua subterránea porque más años con escasas de lluvia significa menos recarga a los acuíferos por lo que poco a poco se secarán los pozos y las vertientes si no cuidamos este recurso.

La ausencia de estudios que permitan conocer la disponibilidad tanto superficial como subterránea y una red de estaciones de insuficiente cobertura, dificultan la adecuada gestión de los recursos hídricos y genera un panorama incierto en cuanto a las posibilidades futuras del desarrollo agropecuario bajo riego. Principalmente en zonas de las regiones de Los Ríos y Los Lagos, los acuíferos son pequeños y no constituyen una fuente continua y segura de agua, sobretodo en meses de verano donde muchos de los pozos se secan. Esto ocurre principalmente en zonas cercanas a la cordillera de la costa (interior y costa).

## Situación del cambio climático en Chile. Situación actual y tendencias en el mediano plazo

En las últimas décadas en Chile se ha visto un aumento de las temperaturas medias de cerca de un grado Celsius en las regiones interiores, no así en zonas costeras, donde han disminuido. Por otra parte, si bien las precipitaciones han disminuido en las zonas costeras, en el interior se han mantenido. Sin embargo, el régimen de precipitaciones ha cambiado hacia lluvias menos numerosas, pero más intensas, con una ligera tendencia hacia un cambio de estacionalidad. La ocurrencia de eventos extremos como heladas, granizo, ondas de calor y frío han aumentado el riesgo para la producción agrícola (Santibañez, 2017).

Una consecuencia directa ha sido el desplazamiento de la frontera agrícola hacia el sur, haciendo viable la incorporación cultivos de mayor rentabilidad, como son cerezos, avellanos europeos, nogales en regiones cada vez más al sur de la mano de sistemas de riego tecnificado. La mayoría de los sistemas productivos del sur del país utilizan aguas subterráneas. La intensificación de las precipitaciones durante períodos más cortos, limita la capacidad del suelo para infiltrar agua, por lo que predomina la escorrentía, lo que influye en la recarga de aguas subterráneas. Como consecuencia de las variaciones en las precipitaciones y el aumento de las temperaturas, cada vez es más común que los pozos disminuyan su nivel e inclusive, que se sequen a fines de temporada estival. Para conservar este recurso es imperante implementar tecnologías de riego para utilizar el agua de manera eficiente y así conservar el nivel productivo.

# IMPACTOS Y POSIBLES CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



Fotografía: Franco Oteiza

En la actualidad, se prevén a nivel global variaciones a raíz del cambio climático en torno a los cambios en las temperaturas, precipitaciones, fenómenos extremos y cambios en el nivel del mar. Muchos sistemas humanos son sensibles al cambio climático, entre ellos se incluyen los recursos hídricos; agricultura y silvicultura, energía y salud humana. La vulnerabilidad de estos sistemas varía en función del lugar geográfico, del tiempo y de las condiciones sociales, económicas y ambientales.

En las regiones del sur, se prevé un aumento en la temperatura promedio de entre 2° y 3°C y una disminución de la precipitación entre un 5 y 15% al año 2050. Por otra parte, se prevee un aumento en la intensidad de las precipitaciones en períodos de invierno, lo que disminuye la capacidad de infiltración del agua en el suelo, predominando la escorrentía superficial. Ante lo expuesto, la adaptación es una estrategia necesaria en todos los niveles como complemento de los esfuerzos de mitigación del cambio climático de otras medidas globales, ya que la adaptación permite reducir los impactos adversos. Recogiendo lo que plantea la ONU, que las poblaciones más vulnerables,

serán las más afectadas por el cambio climático, por lo que es de suma relevancia que esta adaptación ayude a reducir la vulnerabilidad, para ello el desarrollo sostenible y la mejora de la equidad pueden fortalecer a las comunidades, políticas para disminuir la presión ejercida en los recursos, para mejorar la gestión de riesgos ambientales, y aumentar el bienestar de los miembros más pobres de la sociedad mejorarán la capacidad de adaptación, y hará que disminuya la vulnerabilidad.

En particular, el cambio climático entre las regiones de La Araucanía y Los Lagos ha tenido efecto principalmente en las temperaturas medias, cambios de cantidad y régimen de precipitaciones y ocurrencia de eventos extremos que se resume en la Figura 2. Estos cambios generan impactos importantes en el sector agropecuario ya que, con un aumento de las temperaturas (verano e invierno) permite la incorporación de nuevas especies de mayor rentabilidad (frutales mayores, frutales menores y hortalizas). Algunas consecuencias de los efectos del cambio climático, se muestran en la Figura 3.

TEMPERATURA	
	Para el 2050 aumento entre 2° a 4°C de las T medias en valle central y cordillera. Leve disminución T medias en zonas costeras. Hacia el año 2030, habría un incremento en T medias de 0,5°C.
PRECIPITACIÓN	
	Zona Centro-Sur: disminución de las precipitaciones. Zona Semiáridas: sucesiones de años lluviosos y sequías multianuales. Entre Copiapó y Aysén: disminución de un 5% a 15% hacia año 2030.
EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS	
	Marcados eventos de sequía a partir de la segunda mitad del siglo XXI. Aumento noches cálidas y disminución de las noches frías. Mayor probabilidad de granizos en períodos productivos.

Figura 2. Efectos del Cambio Climático en Chile.

Bio diversidad	
	Pérdida del patrimonio genético nacional por endemismo. Traslado de cultivos y frutales de la zona centro hacia el sur.
Recursos Hídricos	
	Disminución de caudales medios mensuales. Elevación de la isoterma 0°C. Retroceso significativo de glaciares, afectando disponibilidad de agua.
Infraestructura	
	Riesgo en la infraestructura pública por aluviones, aludes, etc. Infraestructura de acumulación de aguas para riego insuficiente. Déficit hídrico de hasta -50 mm.
Energía	
	Disminución de Potencial de generación hidroeléctrica del SIC.
Sector Silvoagropecuario	
	Aumento en las temperaturas produce desplazamiento de cultivos hacia el sur. Cambios en la producción y los ingresos netos por zonas. Introducción de nuevos cultivos de mayor rentabilidad. Aumento de rendimientos en ciertos cultivos: Papa: hasta 200% (riego) desde Araucanía al sur. En seco, aumento se darían desde Valdivia al sur. Frejol: 10% en Araucanía hasta 100% Los Lagos. Remolacha (riego): aumento térmico invernal incrementaría el potencial productivo, incluso con menor pluviométría. Frutales: Extensión de áreas de cultivo hacia el sur. Aceleración de la fenología de los cultivos, reducción del tiempo de desarrollo, aumento en la precocidad de la madurez. Probable aumento incidencia de plagas y enfermedades por aumento T°.

Figura 3. Impactos del cambio climático en diferentes sectores económicos.

# PEQUEÑA AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO



Fotografía: Franco Oteiza.

La agricultura familiar se entiende como la forma de organización para la producción agrícola que se basa principalmente en el trabajo de los miembros de un grupo familiar, independiente de la forma de tenencia de la tierra, de la superficie de la explotación, o del valor, volumen o destino de la producción. Se distingue, así de la agricultura mediana donde la gestión y propiedad (tenencia) pertenecen a una persona o grupo familiar pero el trabajo es no familiar contratado.

Entre la región del Maule por el Norte y la de Los Lagos por el Sur, es donde se localiza lo fundamental de la agricultura familiar con mayor capacidad y potencial de desarrollo agropecuario por las condiciones climáticas y disponibilidad de agua.

En la agricultura familiar, existen tres grupos prácticamente iguales en número: hogares que dependen en gran medida de ingresos provenientes de la agricultura (más del 60% de los ingresos familiares); hogares para los cuales la agricultura representa una actividad complementaria y relativamente menos importante; y, por último, un grupo para los cuales la agricultura representa una actividad importante que se articula con otras, no menos importantes (Berdegué y López, 2018). Según tendencias mundiales y acorde a los datos de la encuesta Casen, conforme la economía de un país crece y este se desarrolla, disminuye el número y la proporción de personas empleadas en agricultura.

En cuanto a la edad de los agricultores, se trata de personas de edades significativamente mayores a los promedios nacionales. Además, el porcentaje de personas mayores a 60 años jefes de

familia agrícola ha ido en aumento desde un 25% en 1990 a un 36% en 2015 en la agricultura familiar.

En los últimos 30 años los hogares dedicados a la agricultura se han empobrecido relativamente al cambio en el ingreso total del país, y la participación del ingreso agrícola en el ingreso total de dichos hogares ha ido quedando especialmente rezagado (Berdegué y López, 2018). Se observa en general una tendencia a la diversificación, esto es dependiendo menos de la agricultura y más de otras fuentes de ingresos. En países en desarrollo se observa hogares agrícolas dedicado a más de una actividad y se espera que en Chile dicha situación sería cada vez más frecuente.

## **Situación del cambio climático en Chile. Situación actual y tendencias en el mediano plazo**

Las variables climáticas actuales y que se prevén en el futuro cercano en la zona sur del país, se resumen en la Tabla 1. En general, las temperaturas medias tenderán a subir y las precipitaciones a disminuir. En la práctica, por ejemplo, características del clima que actualmente se observa en zonas del Biobío como Los Ángeles-Mulchén, en el futuro se podrán percibir condiciones similares en la zona de Traiguén. Lo mismo ocurrirá hacia al sur, principalmente en la depresión intermedia. Esto permitiría ampliar hacia el sur la producción de ciertas especies agrícolas, lo que se conoce como desplazamiento de la frontera agrícola.

Tabla 1. Variables climáticas actuales y futuras en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

	Actualidad			Futuro 2030-2050
	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	
Descripción	Templado Cálido mesotermal		Templado Frío	-
Meses Tm > 10°C	Al menos 3 meses T° media > 10°C		-	Aumento
Período seco	1 a 2 meses		0 meses	Aumento
Excedente hídrico	< 2.000 mm/año		> 2.000 mm/año	Déficit hídrico menor a 500 mm
Precipitación	1.500-2.500 mm	2.000-2.500 mm	2.300-2.500 mm	Disminución de 5 a 15% Pp
T máx prom.	23°	20°	20°	Aumento de aprox. 2° a 3°C
T mín mes julio	2°	2°	2°	Aumento de aprox. 2°C
Período vegetativo	<150 (zonas frías y lluviosas) <234 días (Traiguén)	100-150 días	100-150 días	Aumento
Observaciones	El cordón de Nahuelbuta atrapa la influencia oceánica y los vientos húmedos disminuyendo las precipitaciones y aumentando los periodos secos.	Significativas diferencias de precipitaciones de mar a cordillera. Así mientras al occidente de los macizos andino y costero presentan las más altas precipitaciones, hacia la depresión intermedia éstas disminuyen.	Al occidente de los macizos andino y costero presentan las más altas precipitaciones, hacia la depresión intermedia éstas disminuyen. Esta condición comienza a variar hacia el límite sur, en Chiloé continental, donde casi no hay presencia de la Cordillera de la Costa.	

\*Elaboración propia en base a Atlas Agroclimático de Chile, 2017; IPCC Climate Change 2013.

## Características de las distintas cuencas del sur

En la Araucanía, el 52% de las explotaciones agrícolas se desarrollan en terrenos de superficie menor a 10 há. En comunas como Nueva Imperial, Padre las Casas, Galvarino, Temuco, Chol Chol y Saavedra, el 75% o más de los pequeños productores agrícolas son mapuches, los cuales declaran que los ingresos no provienen sólo de la agricultura, sino de trabajos asalariados (temporal o permanente). La producción agrícola es mayormente de subsistencia y venta de excedentes (hortalizas, berries, ganadería).

La administración y organización de aguas superficiales es muy limitada en La Araucanía. Existen 14 OUA inscritas en CBR (una Junta de vigilancia, 8 Asociaciones de Canalistas y 5 Comunidades de aguas). Además, en la región hay una JV y 17 canales (AC o CA) no inscritos en el CBR.

En la región de los Ríos, los terrenos agrícolas se presentan en una superficie muy reducida próxima a la ciudad de Máfil y localidad de Santa Elvira. En la cuenca del Río Valdivia, la superficie regada es de 1.492 (ha), correspondientes fundamentalmente a praderas y plantaciones de remolacha y berries. La demanda para riego es aproximadamente 2.303 l/s y los pocos derechos de agua están constituidos, están muy dispersos en la cuenca. En años húmedos los mayores caudales ocurren entre junio y agosto, mientras que los menores escurrimientos se presentan entre enero y marzo. En años secos los mayores caudales ocurren entre julio y septiembre, mientras que los menores se observan entre diciembre y mayo.

En la región de Los lagos, los ríos, debido a su origen mayormente pluvial y regulado por lagos, registran los mayores caudales durante el período mayo a julio, mientras que los menores durante enero a marzo.

En el llano central de la cuenca del río Bueno, se localizan los suelos de mejores características de la región para cultivos, frutales y praderas de alta producción. Son suelos planos a levemente ondulados, derivados de cenizas volcánicas recientes, de alta capacidad de retención de agua y buena permeabilidad. Sus principales limitaciones productivas son el mal drenaje, pH ácido y deficiencias de fósforo, potasio, magnesio y calcio. La zona comprendida entre los ríos Bueno por el norte, Pilmaiquén

y el Lago Puyehue por el sur, es una de las más fértiles y prósperas zonas agropecuarias de la Región de Los Lagos, destacando su producción ganadera, lechera y de remolacha azucarera. La agricultura se desarrolla en algunos sectores de la cuenca, próximo a la confluencia de los ríos Damas y Negro y en el sector alto de Lago Ranco. Sin embargo, se encuentra agricultura familiar en la zona media y baja de la cuenca. Los derechos de agua en esta cuenca están muy dispersos entre los numerosos ríos, esteros y vertientes que la forman.

En la cuenca predominantemente pluvial del Río Maullín, predominan suelos ácidos, con alto contenido de materia orgánica y con formaciones de un pan férrico que incide en un mal drenaje. El período de menores caudales se observa en el trimestre dado por los meses de febrero, marzo y abril.

En relación a la disponibilidad de agua en la zona sur, en La Araucanía, si bien existen canales de riego, éstos son muy pocos y carecen de un nivel organizacional importante. La fuente de agua principal para la pequeña agricultura es agua subterránea y extracción de agua de esteros. En Los Ríos y Los Lagos no existen canales de riego, por lo que la disponibilidad de agua depende principalmente de aguas subterráneas, como pozos noria o pozos zanja, conocidos en la zona como "tranques". A diferencia de otras zonas geográficas de Chile, en estas regiones, los caudales de los pozos noria disminuyen drásticamente su caudal en la medida que nos acercamos al fin del verano, llegando incluso a secarse si no hay lluvias importantes en ese período. Por esta razón, los pozos noria pueden ser considerados como una fuente segura de agua para el riego de cultivos de ciclo largo o que crezcan durante el verano.

## Cultivos principales

La agricultura familiar campesina de las tres regiones del sur se caracteriza principalmente por explotar pequeñas superficies agrícolas de entre 1 y no más de 10 hectáreas en la mayoría de los casos, en las cuales deben diversificar la producción agrícola con cultivos que les permitan subsistir durante el año, como también efectuar comercialización en pequeña escala, para obtener liquidez y poder enfrentar otros gastos de la vida diaria.

Como se trata de "agricultura familiar campesina" y de una agricultura de subsistencia, en las tres regiones se producen los mismos cultivos, que más que para ser comercializados, son la

base para la alimentación familiar. Entre estos cultivos, los más comunes de encontrar son:

**Hortalizas en invernadero.** Por razones climáticas y para obtener producción en épocas de mejor comercialización, especies como tomate, lechuga, ají, cilantro, pepino, se deben cultivar bajo plástico. Los invernaderos son de construcción bastante precaria con estructura de madera, generalmente "tapas" y postes de pino impregnado. La cubierta es de

polietileno con tratamiento anti-radiación ultravioleta, el que utilizan por varias temporadas. Los invernaderos carecen de calefacción y por lo general no poseen sistemas de ventilación. Esta la realizan levantando el polietileno que cubra las paredes laterales del invernadero, con la consiguiente destrucción de éste.

Las dimensiones de los invernaderos son por lo general de 6 m de ancho con longitudes no mayores a los 15 m, es decir, 90 m<sup>2</sup>.



Figura 4. Hortalizas en invernadero

**Hortalizas al aire libre:** Cultivadas en pequeñas superficies de 500 a 1.000 m<sup>2</sup> en la mayoría de los casos, con especies como acelga, ajo y cebolla principalmente. Por lo general los mismos agricultores producen sus propios plantines, con semillas adquiridas en casas comerciales especializadas.

**Frambuesas:** Son cultivadas por muchos agricultores en pequeñas superficies del orden de hasta 5.000 m<sup>2</sup>, utilizando casi en la totalidad de los casos variedades Heritage o Meeker.

Llama la atención en este cultivo el espaciamiento utilizado en las plantaciones entre las hileras; en general las establecen a 1,5 m, lo que dificulta enormemente la cosecha, pero tiene la ventaja que pueden establecer una mayor cantidad de plantas por superficie. Tal como se realiza en huertos de frambuesa de mayor tamaño, las plantas tienen un sistema de soporte en base a postes de madera y alambres. La cosecha es efectuada en su totalidad por miembros de la familia y en muy pocos casos es necesaria la ayuda de personal externo.



Figura 5. Hortalizas al aire libre.



Figura 6. Cultivo de frambuesas.

**Frutillas:** Se han convertido en una especie muy cultivada por la agricultura familiar campesina, por la razón de su largo periodo de producción que es de aproximadamente 6 meses y los buenos precios que alcanza el producto y que se mantienen estables durante la temporada.

La gran mayoría de los huertos de frutillas, por no decir la totalidad, utilizan para su cultivo algún tipo de polietileno, por lo general bicolor blanco y negro, con el propósito de cubrir el suelo para mantener humedad, evitar crecimiento de malezas y

mejorar la calidad del fruto. Esta inversión la efectúan sin ningún temor cada vez que establecen un huerto pues ya conocen los beneficios de su utilización.

**Frutales:** Como es tradicional en la cultura chilena, en cada casa existen algunos árboles frutales de muchas especies diferentes. Por lo general la producción de estos se destina al autoconsumo en fresco o para la elaboración de mermeladas y conservas que serán consumidas por la familia en los meses de invierno. Los árboles no reciben ningún tratamiento contra

plagas o enfermedades, por lo tanto, la productividad de ellos es baja y de mala calidad. En las regiones de La Araucanía a Los Lagos existe en cada predio más de algún árbol de manzano, membrillero, o peral, de variedades muy antiguas y sin ningún manejo fitosanitario, que se utilizan para consumo fresco. En Los Ríos y Los Lagos es frecuente encontrar chicha o sidra elaborada con manzanos de este tipo.

**Papas:** Esta especie tradicional en la zona sur forma parte de la dieta diaria, por lo tanto, cada agricultor siente la obligación de

cultivarlo cada temporada para guardarlo y consumirlo durante el año. Por lo general se proveen de semillas entre los vecinos y cada un cierto número de años compran una pequeña cantidad de papa-semilla certificada. En algunos casos es el cultivo más importante que existe en el predio, por lo tanto, efectúan un muy buen manejo fitosanitario, pero en otros casos el manejo del cultivo es muy deficiente obteniéndose producciones con mucho daño por hongos, bacterias o virus. Se debe tener mucho cuidado al sembrar papa-semilla sin tener clara cuál es su procedencia.



Figura 7. Cultivo de frutillas.



Figura 8. Cultivo de papa.

**Viñas:** Las actuales condiciones climáticas y sanitarias de la zona permiten el desarrollo de la vitivinicultura en la Región de Los Lagos, encontrándose en la actualidad alrededor de 10 hectáreas de viñas en las comunas de San Pablo, San Juan de la Costa, Cochamó y Puerto Varas. En la región de Los Ríos y La Araucanía también se han registrado experiencias exitosas con vides viníferas.

**Praderas:** En general, en estas regiones del sur de Chile la ganadería es la principal actividad económica de la agricultura y por esta razón es que en todos los predios existe una superficie de diferente tamaño destinada a la producción de forrajes,

generalmente utilizado para pastoreo. Por regla general, cada agricultor posee más de algún animal productivo o de trabajo y en el caso de tener vacas lecheras se preocupan de establecer praderas artificiales de mejor calidad con leguminosas y/o gramíneas. En general las praderas con las cuales se alimenta el ganado, principalmente ovino, son de tipo natural. Estudios realizados por INIA en la región de Los Lagos señalan que se probó exitosamente mezclas en base a bromo con lotera y en algunos casos con ballicas, produciendo un 100% más de forraje de lo que hicieron las praderas estándar que el productor siembra tradicionalmente en el periodo de verano y otoño. En Los Ríos los ensayos consideraron mezclas en base a bromo forrajero y

lotera, que, si bien son más lentas en el establecimiento durante el primer año, su producción es más estable y sostenible en el tiempo con una duración de 3 a 5 años, lo que las hace más conveniente que las praderas bianuales utilizadas comúnmente en la zona.

Recientemente se han introducido nuevas especies forrajeras con el objetivo de hacer frente al cambio climático ya sea por

fecha de siembra diferente a las especies tradicionales o por menores requerimientos hídricos o de clima. Entre estas nuevas alternativas de cultivo destacan; nabo forrajero, col forrajera, rutabaga o colinabo y raps forrajero. Todos estos se pueden considerar como forrajes suplementarios. El pasto ovilla también ha sido una especie exitosa en la región, debido principalmente a sus características productivas y bajo requerimiento hídrico.



Figura 9. Praderas.

**Ganadería:** La crianza de animales principalmente porcinos, ovinos y aves de corral, es muy común entre estos agricultores. Por y por lo general su propósito es el autoconsumo. La alimentación es en base a productos o subproductos obtenidos de la explotación agrícola. La ganadería bovina no es un rubro principal por la reducida superficie de los predios de la agricultura familiar campesina. En general se lleva a cabo con animales de razas doble propósito, cuyo fin en algunos casos es producción de leche para elaboración de quesos frescos y maduros.

## Prácticas culturales y de riego

En las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, el agua de riego no existe en la misma forma en que se encuentra en las regiones de más al norte. No existen captaciones gravitacionales desde ríos, esteros o lagos, y tampoco red de canales. En estas regiones las dotaciones de agua de riego que pueda disponer un agricultor son bastante reducidas, significando esto que la superficie que se puede regar también es reducida. El agricultor tiene clara conciencia que, por las condiciones climáticas adversas existentes en la actualidad, una de las limitantes que tiene que vencer para mejorar su productividad es el riego y está dispuesto a buscar nuevas fuentes de agua para utilizarlas en el corto plazo.

Las fuentes de agua más comunes que se pueden encontrar son pozos noria, vertientes, tranques que acumulan y extraen agua desde napas superficiales, cosecha de aguas lluvia y algunos pozos profundos individuales o comunitarios. En general los caudales entregados por estas fuentes de agua son muy bajos, con valores que van desde 0,2 l/s hasta 6 l/s.

La producción de cultivos en algunos casos es bajo condiciones de secano y en otros casos se hace bajo condiciones de riego, pero de manera bastante precaria, utilizando desde mangueras de jardín que se utilizan para aplicar agua directamente sobre el suelo, sin ningún control; hasta sistemas de goteo y/o cintas, pero con materiales en malas condiciones. En la mayoría de los casos en que utilizan riego localizado existen sistemas de filtros, pero con muy bajas medidas de mantención.

El manejo del riego queda a criterio del agricultor y la decisión de cuándo regar y cuánto tiempo regar, se basa principalmente en la experiencia, pero por lo general los tiempos de riego son

en extremo reducidos; tal vez por la baja disponibilidad de agua que hay, por lo que, para alcanzar a regar toda la superficie, aplican tiempos de riego muy cortos, del orden 15 a 30 minutos por postura.

La energía para operar los sistemas de riego localizado proviene en la mayoría de los casos de estanques de no más allá de 5.000 litros ubicados sobre torres de no más de 7 metros de altura, la que no entrega suficiente presión para la operación de estos sistemas de riego.

En el caso del riego por aspersión, por lo general los equipos que existen son operados con motores de combustión, preferentemente bencineros, a presiones más bajas que las recomendadas, obteniendo con eso un riego de mala calidad, el que debe ser repetido con una frecuencia más alta. Tampoco hay conciencia de espaciamiento entre aspersores ni de tiempos de riego.

## Comercialización y precios de venta

Cabe señalar que gran parte de los agricultores, por no decir la totalidad, comercializan sus productos de manera informal, es decir, no tienen ningún sistema de control tributario.

En la mayoría de los casos, gran parte de las producciones obtenidas se destinan al autoconsumo, siendo el caso de las hortalizas y frutales menores los que prácticamente se comercializan en su totalidad.

La venta de hortalizas la realizan de referencia en ferias libres que se efectúan en localidades cercanas a sus predios, durante un par de días a la semana, pero no son pocos los casos en que el agricultor tiene una clientela cautiva que llega directamente a los predios a comprar las producciones.

En el caso de frambuesas y frutillas, muchos agricultores las comercializan directamente a empresas especializadas en el rubro o a través de intermediarios. Cuando la venta es directa a consumidor, estos productos los envasan en potes plásticos de 1 kg. Con esto logran una excelente presentación del producto y a su vez pueden obtener mejores precios. Durante esta temporada el kilo de frambuesas y frutillas bajo esta modalidad de presentación se comercializó a 1.000 pesos.

## Disponibilidad de agua de riego e infraestructura disponible

En la zona sur, existe un déficit hídrico importante asociado también a una alta concentración de las precipitaciones en el invierno. Los recursos hídricos para riego son en su mayoría superficiales y acuíferos de importancia sólo se encuentran disponibles en zonas del valle central, si bien se requieren estudios y prospecciones locales para afirmar eso con precisión. No existen estudios actualizados sobre disponibilidad hídrica, ni la definición de caudales sustentables.

Las principales dificultades en la zona se encuentran en la baja disponibilidad de DDA superficiales y al que, en el caso de aguas subterráneas, por una parte, no están disponibles en todo el territorio y, por otra, cuando están presentes, con las características actuales de los instrumentos públicos de fomento al riego, suponen una fuerte pre inversión para el alumbramiento del recurso, hasta al menos tener el DAA en trámite. Para gran parte de los pequeños agricultores de la región esto implica una inversión ajena a sus posibilidades.

A nivel territorial, se detectan conflictos con otros usos, dados por el acaparamiento de DAA y, en casos más puntuales, por la gran cantidad del recurso destinado a uso no consuntivo. Esta es una variable importante a considerar en el aporte de la conformación de OUA a la gestión de agua de riego. A nivel predial, en los sectores rurales los proyectos de riego, o bien los proyectos de agua potable, son utilizados con múltiples propósitos, realidad que se debe asumir y considerar en la planificación.

En la Región de la Araucanía, se puede encontrar cierta infraestructura extrapredial, detallada más adelante, como acumuladores y canales, sin embargo, son estructuras que no están bien mantenidas y el nivel organizacional de las pocas OUAs es básico. En las regiones de Los Ríos y Los Lagos no existen estructuras importantes de acumulación y carecen de obras extra prediales de conducción. A nivel intrapredial, a través de los sistemas de fomento, se ha invertido en sistemas de aspersión (pivote, carrete, aspersión móvil y goteo) aun cuando son proyectos de agricultura medianos y grande. INDAP ha apoyado el establecimiento de proyectos de riego por goteo y/o cinta y sistemas de captación para la pequeña agricultura, siendo éstos bajos en superficie comparado con la superficie

agrícola potencial, dejando mucho espacio para desarrollo futuro.

## Calidad de agua disponible y métodos de riego utilizados. Eficiencias en el uso del agua

La agricultura familiar campesina de la región de La Araucanía presenta un importante desarrollo agropecuario, que primordialmente está compuesto por el cultivo de forrajeras, cereales, leguminosas y tubérculos como la papa. Esta zona se caracteriza por reunir a un gran número de productores de papas, que en el año 1999 crearon la Red de la Papa, que ha fomentado la comercialización, resguardar la calidad del cultivo e impulsar el valor agregado.

De acuerdo al Diagnóstico para desarrollar plan de riego en La Región de La Araucanía (2017), La Araucanía cuenta con una extensa superficie apta para ser regada, pero también con zonas extensas de drenajes deficientes, dificultando su desarrollo. De las 50.000 ha regadas, el método de riego mayormente utilizado es el riego por surco o por tendido, ya que el uso de métodos tecnificados de riego no es extensivo a toda la región, concentrándose sólo en algunas comunas. La superficie regada por goteo creció conjuntamente con la microaspersión que se instaló como el segundo sistema de riego más usado en la región. Entre ambos riegos tecnificados, hoy cubren cerca del 93% de la superficie regada de La Araucanía.

Debido a que es una de las regiones con mayor densidad de población originaria, se hace necesaria la evaluación de las políticas públicas hídricas que implique una revisión de la propiedad de la tierra y donde los proyectos que se realicen deberían adecuarse a la costumbre originaria, contando con su consentimiento previo, libre e informado.

La producción agropecuaria de la región de Los Ríos principalmente corresponde a agricultura familiar campesina dedicada a la producción para autoconsumo y venta de los excedentes. En las zonas del Valle central norte y Valle central sur, se concentra la mayor producción agropecuaria regional. No obstante, los potenciales usuarios de riego de la región, en general, no poseen derechos de aprovechamiento de aguas y los proyectos realizados enfrentan problemas de mantenimiento

por costos de reparación y falta de capacitación (Estudio de Diagnóstico para desarrollar plan de riego en la Región de los Ríos, 2017). Por otra parte, las obras de drenaje se hallan en gran medida en la informalidad, por lo que existe la necesidad de oficializarse para evitar malas prácticas y mejorar las obras de drenaje para el aprovechamiento máximo del recurso hídrico.

Por otra parte, no hay OUAs registradas como tal con las respectivas Juntas de vigilancia (Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Aguas).

En la región de Los Lagos la producción agropecuaria es la principal fuente de ocupación. En la zona de la Patagonia cordillerana, la mayor parte de la infraestructura de riego existente son fundamentalmente obras de riego financiadas por INDAP, las que corresponden a captaciones superficiales (principalmente asociativas) y proyectos de riego tecnificado, pero a baja escala (Estudio básico diagnóstico para desarrollar Plan de Riego en la Región de Los Lagos, 2017). Por otro lado, el acceso a las tecnologías eficientes también se dificulta por la falta de capacitación y por los altos costos que supone para los agricultores.

En relación a la infraestructura de riego, las obras, como se ha visto en las regiones anteriores, se encuentran con problemas de mantenimiento, limitando su vida útil y también se presentan amplios sectores con problemas de drenaje.

La zona del Valle de desarrollo agroindustrial presenta la mayor concentración de la producción agropecuaria de la región, abarcando todos los rubros agrícolas existentes de la misma como productor de cereales, papas, remolacha, bayas, frambuesas, arándanos, grosellas y moras, forrajeras, también ganadería (carne) y derivados lácteos.

En cuanto a los métodos de riego más usados en la zona son aspersión (pivote, carrete, aspersión móvil) en agricultura mediana y grande. En la agricultura familiar campesina, algunos cuentan con sistemas de riego por goteo o cinta y aspersores. La principal limitante para el desarrollo de los proyectos es la disponibilidad del recurso agua, principalmente la regularización de los DAA. Los pequeños agricultores carecen de conocimientos técnicos en cuanto al cuándo y cuánto regar. Simplemente se basan en parámetros visuales de las plantas, aplicando muchas veces agua en exceso o, por el contrario, riegos deficientes.

# ESTRATEGIAS PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO



Fotografía: Franco Oteiza.

Las condiciones a las que la variabilidad climática ha sometido el escenario productivo en el país son muy diversas respecto a los parámetros que determinan el crecimiento, desarrollo y producción agrícola.

Lo cierto es que esta variabilidad ha traído como uno de los principales efectos, la disminución en la oferta hídrica en todas sus fuentes, es decir, aguas subterráneas, reservas nivales, régimen pluviométrico, cauces naturales, etc.

Esta situación que afecta transversal y directamente la agricultura a nivel de su producción se ha presentado con mayor fuerza en la pequeña agricultura familiar campesina: el sector más desprotegido y vulnerable de la agricultura nacional. Todos los esfuerzos invertidos a insertar a este importante sector de la población rural en mercados a escala nacional o globalizados, parecen ser insuficientes cuando la falta de disponibilidad de agua incide directamente en los rendimientos de cultivos campesinos.

Se requiere, por tanto, implementar estrategias basadas en una tecnología apropiada a la Agricultura Familiar Campesina (AFC), que no sólo ayude a mitigar dichos efectos, sino que además mantenga el camino recorrido en términos de mantener la competitividad adquirida.

Es el caso, por ejemplo, de los frutales menores como frambuesas, frutillas o arándanos cuyos precios y rendimientos experimentados en los últimos años han sido promisorios para sistemas productivos como los señalados. Del mismo modo, la producción de flores, hortalizas tanto al aire libre como en ambientes forzados han sido ampliamente utilizados para insertarse en mercados que históricamente han sido ajenos a la AFC.

Este aumento en la productividad agrícola y comercial experimentada por la AFC tomó décadas, basándose esencialmente en la utilización intensiva del recurso hídrico y hoy se encuentra en innegable riesgo debido al nuevo escenario climático que sacude a la mayor parte del área de riego del país.

## Disponibilidad y calidad de agua, calidad del suelo y de mano de obra familiar por cuenca

Los ríos Imperial y Toltén poseen un régimen mixto, en que la crecida primaveral típica se ve disminuida en su importancia por la influencia de las abundantes lluvias invernales.

Es importante en esta región planificar la acumulación de agua durante el período de mayor disponibilidad, ya sea a nivel comunitario o local. La organización en torno a la administración del recurso, incluido la mejora en infraestructura de conducción es importante, tanto para aumentar la superficie de riego como dar seguridad a la existente. Se ve en la región cierto avance en temas organizacionales e infraestructura, lo cual es el camino a seguir.

En los últimos años la actividad frutícola en la región de los Ríos ha experimentado un importante desarrollo, en especial los berries y algunos frutales mayores. Por su parte, la actividad ganadera mantiene un protagonismo importante en los sistemas productivos de la región, para lo cual las principales especies forrajeras son las que se muestran en la tabla siguiente:

Según el estudio básico "Diagnóstico situación legal de las Organizaciones de Usuarios del Agua regiones IX, XIV y X" (CNR, 2013), en las regiones de Los Ríos y Los Lagos no existen Organizaciones de Usuarios de Agua, registradas como tal. Sin embargo, existen asociaciones en torno a actividades productivas y gremiales que dan cuenta del potencial organizacional de agricultores de diferentes estratos en ambas regiones. Sin embargo, antes de promover iniciativas de conformación de OUA es necesario establecer el potencial aporte de este tipo de organizaciones y las condiciones en que éste se produciría para la gestión del recurso hídrico para la agricultura, en un contexto donde predominan los DAA (en volumen) destinados a otros usos.

## Disponibilidad de infraestructura extra predial

La infraestructura extra predial en Araucanía está dada por canales y obras de las organizaciones de usuarios, comunidades de aguas no formadas o simplemente y en una minoría, por

agricultores individuales que captan sus aguas fuera de su predio.

Se requiere implementar programas focalizados en el revestimiento y mejoramiento de canales existentes haciendo más eficiente el uso del agua. Además, se debe considerar obras de drenaje que han permitido ampliar la superficie agrícola.

Se debe mejorar y ampliar la infraestructura de canales, ya que hay varias comunas sin obras de riego. Los canales están en un estado regular con falta de mejoramiento generando pérdidas de agua a lo largo de sus recorridos, agua que se pierde pudiendo quedar disponible para los agricultores.

En general, es importante fomentar las inversiones en obras extra prediales de distribución y acumulación, esto acompañado de capacitación en conformación y gestión de las organizaciones de usuarios. En la región se registra un total de 573 bocatomas, de las cuales más del 70% están ubicadas en la cuenca del río Biobío. Con el avance de la frontera hacia el sur es indispensable la inversión y organización en torno a la gestión del agua en las otras cuencas de la región. Las organizaciones de usuarios cumplen un rol fundamental en la mantención (limpieza de canales antes, durante y fin de temporada) y administración de las aguas.

Luego de expandir y mejorar la red de canales, es necesario implementar sistemas tecnificados de control automático o telemetría, lo que disminuye la dependencia de celadores y de su eficiente y permanente fiscalización de los elementos involucrados en las redes de canales.

No basta sólo con infraestructura sólida sino niveles de organización suficientes para la mantención de las obras. Las grandes OUs tienen mayores capacidades para la gestión interna, cuentan con celador, directiva y algunas veces con administración. Se ha detectado algunas zonas de la región en conflicto por el uso del agua, en las que no hay organizaciones de usuarios. Bajo las nuevas condiciones climáticas, los problemas por el uso del recurso hídrico se intensificarán, por lo que se requiere de organización y capacitación de las OUs para la gestión interna del recurso.

En relación a los sistemas de acumulación, los ríos de la región, mayormente de régimen pluvial, cuentan con importantes

caudales durante el invierno y disminuyen considerablemente en los meses de riego, por lo que se hace imprescindible la acumulación en obras importantes. Además, son de relevancia los micro tranques que permiten la acumulación para un usuario o comunidad.

Por ejemplo, como consecuencia de la falta de acumulación durante el invierno, el río Malleco disminuye su caudal de 47m<sup>3</sup>/s entre mayo y septiembre a 9,6 m<sup>3</sup>/s de octubre a abril, por lo que en la comuna de Renaico se dejan de regar 1.000 ha. En la cuenca del río Cautín, que tampoco posee regulación, se ha constatado que se generan déficit para satisfacer la demanda de riego durante la época estival, situación que, debido al cambio climático sólo se acentuará.

En la regiones de los Ríos y Los Lagos no existen obras de infraestructura de conducción ni acumulación. Los ríos en estas regiones cuentan con caudales importantes durante el invierno que pudieran acumularse para abastecer superficies de riego durante el verano. La necesidad de acumulación y organización en torno al agua se ve muy lejana, es importante planificar la gestión del recurso en torno a las nuevas condiciones climáticas.

En relación a obras de acumulación, de acuerdo a CNR (2012), luego de un estudio acabado a nivel de toda la región, existen diversos sitios que cuentan con las características técnicas para la construcción de embalses, lo que se presenta como buena estrategia a futuro.

En la región de los Lagos, el riego en el área es bastante marginal. En algunos sectores se riegan algunos cultivos con agua subterránea desde norias, pozos y lagunas que se llenan con agua proveniente principalmente de la acumulación de lluvias. Cabe señalar que ninguna cuenca de la región de los Lagos cuenta con infraestructura extrapredial para la acumulación de aguas durante las épocas del año donde se concentran las lluvias, cosa que, al igual que en las otras regiones, es una buena alternativa para acumular aguas de invierno.

## Disponibilidad de infraestructura intra predial

En la región de la Araucanía hay un importante desarrollo de proyectos de riego tecnificado, principalmente en las comunas del Valle Central.

Bajo el nuevo escenario climático, sería recomendable un aumento de la tecnificación mediante ejecución de proyectos financiados por los programas de fomento de las instituciones, centrándose en zonas en donde se ha desarrollado más lentamente, y en aquellos terrenos en que se dificulta el riego gravitacional. Se requiere fomentar la participación de la pequeña agricultura en iniciativas de fomento para la tecnificación de sus predios, brindándoles asesoría ya que no cuentan con consultores de riego para postular.

Por ejemplo, en la subcuenca del Toltén Sur es una zona de gran potencial para habilitar mayor superficie de nuevo riego, para lo que es necesario mejorar la implementación de sistemas de riego. En la zona Valle Central, la zona bajo riego actual es de 17.300 ha. La superficie arable y potencialmente regable es de 439.805 ha, por lo tanto, la superficie bajo riego es aún muy baja. La zona tiene gran potencial si se considera alternativas de cultivo más rentables (por cambios en el clima y agua aún disponible) y una gestión integral del recurso.

Se requiere fomentar el uso de sistemas de acumulación de aguas lluvias a través de programas institucionales, con el objetivo de tener disponibilidad en meses de verano, focalizados en sistemas comunitarios para pequeña agricultura.

En la región de los Ríos, el riego es una necesidad nueva y por lo tanto es incipiente en su desarrollo (escasa implementación de tecnologías eficientes en el uso del agua). Se requiere capacitación en riego de los agricultores y de sus equipos asesores. La infraestructura de riego no siempre es bien utilizada lo que disminuye su potencial y vida útil por lo que es importante la capacitación permanente en implementación, operación y mantención de los equipos intraprediales. Es importante apuntar a iniciativas que sean viables y que otorguen viabilidad a los proyectos existentes (ejemplo; uso de energía renovable no convencional).

En los Lagos, al igual que en los Ríos, la inexistencia de organizaciones que administren el agua se convertirá en una limitante para el desarrollo del riego en la zona, principalmente considerando los múltiples usos en el territorio y el escenario de cambio climático. Es de mucha importancia crear organizaciones que administren y gestionen el recurso hídrico en la región. Actualmente un alto porcentaje de población en

esta zona no realizan tramitación para solicitar derechos de aprovechamiento y existe un bajo apoyo para realizarlo, lo cual dificulta aún más su estado de vulnerabilidad y la participación en programas de fomento para obras intraprediales. Se espera que la inscripción de derechos vaya en aumento en el tiempo, y de igual manera la postulación a proyectos de fomento al riego. Sin embargo, la tramitación de derechos de aprovechamiento puede ser engorroso y de alto costo por lo que dificulta a los pequeños productores de la región a acceder a éste.

Al igual que en todo el sur del país, es imperativo contar con apoyo técnico y acompañamiento a los agricultores ya que, especialmente en estas regiones, no tiene la formación ni la cultura de riego que tienen otras regiones del centro y norte. El desafío del sur es adoptar una gestión integral de recursos hídricos y trabajar por una infraestructura de riego sostenible en el tiempo y adaptada a las nuevas situaciones climáticas. Ahora es tiempo, ya que las regiones del sur, si bien han notado la disminución y cambios en las precipitaciones, no se encuentran aún con los problemas de disponibilidad de regiones del centro y norte. Esto permite abordar la situación regional del recurso hídrico como medida de planificación y no reactiva a condiciones más críticas.

Es importante incorporar instancias de capacitación y transferencia tecnológica para agentes de extensión que acompañan al pequeño agricultor durante la planificación, postulación, ejecución y operación de sistemas de riego intrapredial para operar estos sistemas de la mejor manera, ya que de nada sirve un sistema de riego localizado si el manejo del agua en cada riego no se hace de manera correcta.

Por la presencia de otras organizaciones de base, principalmente comunidades indígenas, población mapuche huilliche que no tiene ni la formación ni la cultura de riego, ya que ancestralmente no lo contemplaba entre sus actividades se presenta la oportunidad de capacitar y fomentar proyectos para una comunidad u organización.

## Técnicas y estrategias para enfrentar períodos de carencia hídrica

Cuando la evapotranspiración o demanda de agua del cultivo supera a la precipitación o aporte de lluvias, estamos frente a

un período de carencia hídrica; en esta etapa es necesario regar para que las plantas puedan satisfacer sus necesidades de agua, crecer, desarrollarse y terminar todos sus procesos fisiológicos hasta la cosecha.

Una de las características del cambio climático que estamos viviendo actualmente, es que se produzca una anomalía en las lluvias, es decir, que estos períodos de carencia hídrica se prolonguen más de lo normal o se presenten anticipadamente en la temporada. Por ejemplo: si estábamos acostumbrados a que el período seco o sin lluvias fuese solo durante el mes de enero, lo más probable es que a consecuencia del cambio

climático, este período sin lluvias importantes ocurra ahora de diciembre a febrero. En consecuencia, ahora tenemos muchos más días sin lluvias, por lo tanto, se debe regar por más tiempo.

Para enfrentar estos períodos con éxito y evitar tener excesivas pérdidas de rendimientos en los cultivos o muerte de plantas y árboles, debemos aplicar ciertas técnicas y estrategias que nos ayudarán a tener éxito en la explotación agrícola. A continuación, se señalan algunas de estas estrategias.

**1.- Uso de métodos eficientes de riego:** Si se está ante un período de carencia de agua, obviamente la aplicación de ella a los cultivos debe ser efectuada utilizando un método de riego



Figura 10. Riego localizado.

que desperdicie la menor cantidad de agua. El más eficiente de todos es el riego localizado utilizando como emisores, goteros o cintas de riego. Con este método, los cultivos aprovechan más del 90 % del agua aplicada.

**2.- Cultivar sólo la superficie que se pueda regar:** Si estamos ante un periodo de escasez hídrica, se debe ser muy criterioso al momento de decidir cuanta superficie de terreno cultivar. Si nuestra dotación de agua es limitada no podemos permitirnos cultivar una gran superficie, porque no seremos capaces de abastecer los requerimientos hídricos de todo el terreno.

**3.- Elección de especies a cultivar:** Ante un periodo de ausencia de lluvias, las especies a cultivar en el predio deben ser tales que no requieran grandes cantidades de agua para sus procesos fisiológicos. Por otro lado, gracias al actual cambio climático que ha provocado un aumento de las temperaturas, es posible producir con éxito otras especies vegetales, principalmente hortalizas como tomate y choclos.

**4.- Elección de especies a regar:** Si el periodo de escasez se produce estando bien avanzada la temporada de crecimiento de los cultivos y el agua que se tiene no alcanza para regar a todos, debemos elegir que cultivos privilegiar. La elección de estos dependerá principalmente del factor económico, es decir, cual es el más caro de producir o cual es el que nos deja mayor utilidad.

**5.- Variedades tempranas:** Las variedades más precoces, es decir, las que se cosechan más temprano en la temporada, por lo general tienen sus procesos de mayor requerimiento hídrico como floración y desarrollo de fruto muy temprano en la temporada, cuando aún hay lluvias o cuando los suelos todavía tienen humedad. Durante el periodo de escasez de agua tendrán todo su desarrollo y crecimiento finalizado y la disminución de rendimiento no será tan elevada.

**6.- Almacenar agua en el suelo:** Esta técnica consiste en



Figura 11. Acumulador cubierto con malla raschel para evitar pérdidas de agua por evaporación.

aumentar la infiltración de aguas lluvia invernales en el suelo mediante el uso de acequias de infiltración o mediante la práctica común de barbechar el suelo en invierno para evitar la evaporación del agua. Con esto la reserva de agua del suelo podrá abastecer a los cultivos por un periodo mayor.

**7.- Disminuir la evaporación:** Si la fuente de agua es un tranque o pozo debemos disminuir al máximo las pérdidas de agua por evaporación, las que en el periodo diciembre a marzo podrían cuantificarse en por lo menos 300 mm, es decir 300 litros por cada metro cuadrado de espejo de agua. Cubrir estos depósitos de agua con malla raschel es una buena estrategia para evitar las pérdidas por evaporación, además de ayudar a mantener la limpieza de la fuente de agua.

**8.- Uso de mulch:** En los cultivos hilerados una buena manera de mantener la humedad del suelo es utilizando cubiertas orgánicas como corteza de árboles, fardos o cubiertas inorgánicas como



Figura 12. Utilización de mulch.

polietileno de color o negro, pero nunca transparentes, malla cubre suelo y otros. Estos elementos ayudarán a evitar la evaporación desde el suelo además de evitar el crecimiento de malezas y aumentar la temperatura del suelo para favorecer el crecimiento radicular y de la planta.

**9.- Uso de mallas sombreadoras:** Cubrir el cultivo, especialmente frutales con alguna malla sombreadora también



Figura 13. Uso de mallas sombreadoras.

ayuda en evitar la pérdida de agua. La malla además de evitar el exceso de radiación solar aumenta la humedad relativa en torno a las plantas. De esta forma se disminuye la evapotranspiración y se ahorra agua para el riego.



Figura 14. Acumulador con revestimiento.

**10.- Reducir pérdidas de agua en tranques y acumuladores:** Las pérdidas por infiltración ocurridas desde las paredes y el fondo de tranques y acumuladores son bastante grandes y muchas veces no son consideradas importantes. El uso de geomembranas o revestimientos de algún tipo ayudarán a disminuir estas pérdidas. De igual forma la eliminación de

vegetación de los contornos a estos reservorios de agua disminuye la pérdida de agua.

**11.- Control del riego:** Mantener un control sobre el funcionamiento del equipo como verificar presión de trabajo, caudal de descarga de goteros, pérdidas de agua por tuberías rotas, limpieza de filtros, etc. ayudará significativamente en el ahorro de agua de riego.

**12.- Riego deficitario controlado:** Aplicar agua solo en los momentos fisiológicos importantes del vegetal es una manera de ahorrar agua sin afectar significativamente los rendimientos de la especie. Se ha determinado que reducir el volumen de riego en un 25 % no afecta los rendimientos.

**13.- Uso de cortinas cortaviento:** El viento es el factor climático que más incide en la evapotranspiración y en zonas

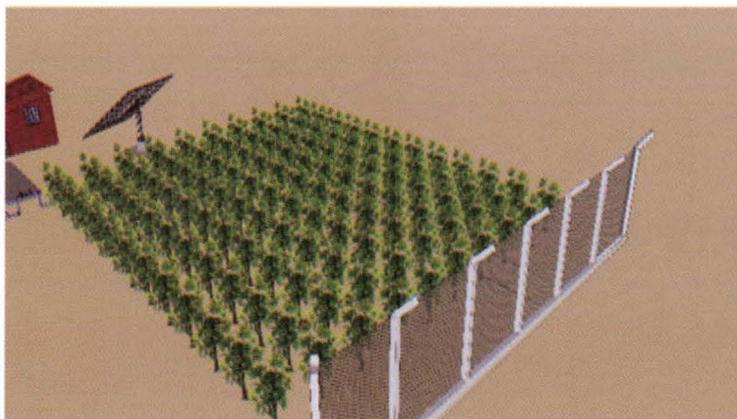


Figura 15. Cortinas cortaviento.

muy ventosas es de gran ayuda el uso de cortinas cortaviento natural como árboles y arbustos o artificial como mallas plásticas. Es necesario hacer notar que una cortina cortaviento tiene influencia en una longitud equivalente a 4 - 5 veces su altura, es decir, árboles de 5 metros de altura protegerán un sector de 20 - 25 m de longitud.

## Cultivos de bajos requerimientos hídricos

Los nuevos escenarios que presenta el cambio climático en el país son variados respecto a su distribución, oportunidad e intensidad, que difícilmente se puede establecer patrones sobre los que se puedan decidir medidas de mitigación. Uno de los cambios que ha estado experimentando el sur de Chile, en la última década, es la disminución de la cantidad de precipitaciones. Desde un punto de vista productivo, se debe pensar en reemplazar cultivos de alto requerimiento hídrico y bajo potencial productivo o bien que posean una alta variación de precios que desfavorecen al agricultor. La solución sería reemplazar estos cultivos, pensando en una alternativa de bajo requerimiento hídrico, y que tenga un buen precio de venta.

### Murtilla (\* Fuente: Portal Frutícola 2016)

La murtilla (*Ugni molinae* Turcz.) es una especie arbustiva endémica de Chile y la única investigada con fines productivos y de domesticación. Debido a sus bajos requerimientos de fertilidad de suelo y su gran habilidad para competir con otras especies, la murtilla podría convertirse en una interesante opción frutícola para la zona sur del país, particularmente en zonas marginales costeras que comúnmente corresponden a sectores de agricultura familiar campesina (AFC).

Un elemento clave al comenzar la domesticación de una especie vegetal es desarrollar un sistema eficiente de propagación de plantas. En el caso de la murtilla, se han propuesto dos: mediante estacas y mediante cultivo in vitro.

Consideraciones para la selección del sitio de plantación Zona costera del macroambiente comprendido entre la Región del BíoBío y la Región de Los Lagos, con bajos diferenciales térmicos entre el día y la noche y con elevada humedad relativa.

Su mayor expresión productiva se logra en suelos transicionales del secano costero.

Época de plantación: En zonas con inviernos no muy severos como el sector costero de las regiones del sur de Chile, se pueden realizar plantaciones durante todo el año.

Plantaciones de fines de primavera e inicios de verano, con riego, logran un mejor establecimiento de las plantas pues

evitan el daño de heladas.

**Preparación del suelo:** Se puede cultivar en todo tipo de suelos, que posean un buen drenaje. Los suelos compactados deben subsolarse para eliminar el “pie de arado”. En suelos trumaos y transicionales, se recomienda “cincelar” y luego “rastrear”, para eliminar los terrones y emparejar la superficie de ellos.

**Establecimiento del cultivo:** Es recomendable realizar el establecimiento en camellones dado que favorece el desarrollo de las raíces, mejora el drenaje y aleja la planta de posibles ataques de hongos del suelo. En la región de La Araucanía, el sistema de plantación se ha realizado en camellones y a una densidad de 3.333 plantas por hectárea usando una cubierta inerte. Según INIA, la distancia de plantación óptima para el cultivo de murtilla es de 3 m entre hileras y 1 m sobre la hilera.

**Riego:** La demanda de agua por el cultivo variará con la edad de la planta, crecimiento vegetativo y estado fenológico, siendo relevante el riego en los periodos de floración, cuaja y llenado de fruto. El sistema de riego por goteo es el más recomendable para esta especie. Estudios preliminares, indican que el requerimiento hídrico de murtilla bajo condiciones de riego es de 2,8 l/ planta/día. Con sistema de riego por goteo se estima que los frutos se pueden cosechar a partir del segundo año de cultivo (1,5 t/ha) y la producción se estabiliza al séptimo año con nueve toneladas por hectárea.

### **Quínoa**

Debido a la escasez hídrica que existe en gran parte del mundo, es necesario seleccionar cultivos tolerantes a esta condición. La quínoa se caracteriza por sus excepcionales cualidades nutricionales, adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas y su contribución en la lucha contra el hambre y la desnutrición. El cultivo de la quínoa se caracteriza por presentar una alta diversidad de eco tipos, los cuales dependen de sus subcentros de diversidad, esta característica es interesante desde un punto de vista productivo, ya que se adapta a muchos tipos de suelos y condiciones ambientales, por lo anterior, el cultivo de la quínoa se proyecta como un cultivo interesante, por ejemplo, para suplir necesidades alimenticias y como alternativa en la rotación de cultivos.

La quínoa es un pseudocereal originario de la región andina. Es

una planta anual de entre 1 a 2 m de altura, que se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3.800 a 4.500 msnm. La posibilidad de cultivar a diferentes alturas y en distintas zonas climáticas es lo que explica el gran potencial para mejorar la seguridad alimentaria.

Para establecer el cultivo, se debe considerar preparar el suelo de forma tradicional para que quede bien mullido. La siembra se realiza a una tasa de 15 kg/ha, a surco lleno y entre surco una distancia entre 0,4 a 0,5 m. La fertilización debe ser acorde al análisis de suelo, pero se basará principalmente en la aplicación de nitrógeno aplicado en segunda hoja y al inicio de la floración, y aplicación de fósforo incorporado al momento de la preparación de suelo.

En cuanto al rendimiento de la quínoa, se ha reportado que el cultivo en una condición sin estrés hídrico obtiene entre 1,0 a 3 t/ha de rendimiento de semilla, en países como Argelia, Egipto, Iraq, Irán, Líbano, Argentina, Perú, Bolivia, Chile, México, Marruecos y Dinamarca. En condición de estrés (sin riego), se han obtenido rendimiento de semillas de entre 0,5 a 1,5 t/ha.

Interesante es la variación que tiene el cultivo según los tipos de suelo, siendo los rendimientos significativamente menores los obtenidos en suelo arenoso (2,5 t/ha con riego completo y 2,2 t/ha con estrés hídrico), comparado con suelos franco arcillo arenoso y franco arenoso (3,1 a 3,4 t/ha con riego completo, y 3,1 a 3,2 t/ha con estrés hídrico).

### **Praderas**

Otra alternativa interesante para las zonas del sur son las praderas, debido a la producción ganadera de la zona. Existen actualmente especies y variedades de praderas que se pueden implementar como alternativa productiva frente al cambio climático. Entre estas alternativas podemos encontrar algunas mezclas mediterráneas, Ballica, Falarías, Festuca, Pasto Ovillo y además de un tipo de especie forrajera arbustiva como el Tagasaste.

Las mezclas mediterráneas asociadas con gramíneas se pueden dividir dependiendo de la precipitación de la zona, y la ubicación geográfica del predio.

Al momento de establecer praderas, se deben tener en

Tabla 2. Mezclas de gramíneas recomendadas en zona centro sur.

Precipitación (mm)	Secano Costero	Secano Interior (Suelos graníticos)	Interior lomajes	Secano Interior (Suelos Arcillosos)	Precordillera Andina
500 - 600	Mediterránea 500 ó 600 + Ballica anual	Mediterránea 500 + Ballica anual		Mediterránea 600 + Falaris o Ballica anual	N/A
600 - 800	Mediterránea 500 ó 600 + Falaris o ballica anual	Mediterránea 600 + Falaris o Ballica anual		Mediterránea 600 + Falaris o Ballica anual	Mediterránea 700 + Falaris o Ballica anual
800 y más	Mediterránea 700 + Pasto ovillo o Festuca	Mediterránea 600 + Falaris		Mediterránea 600 + Festuca o Falaris o Ballica anual	Mediterránea 700 + Pasto ovillo o Festuca

consideración diversos factores que determinarán el éxito del establecimiento. Entre estos factores se debe considerar el suelo y su topografía (considerando llanos o lomajes), la rotación de cultivo, la preparación de suelo, la siembra, calidad y dosis de semillas, la época de siembra y la fertilización.

Otra alternativa interesante es el Tagasaste, una especie forrajera arbustiva que se adapta a condiciones de clima mediterráneo que existe en la zona centro sur del país. Este cultivo es un recurso forrajero para corte o pastoreo durante periodos críticos, en los que el crecimiento de las praderas se encuentra limitado por la sequía o el frío. Se sabe que su adaptabilidad es muy variada, pudiendo establecerse en zonas con precipitaciones sobre los 1000 mm al ño (produciendo cerca de 19 toneladas, y zonas de pluviometría de 450 mm produciendo cerca de 3 t/ha, en plantas de 5 años de edad.

El valor nutritivo del cultivo indican que las hojas del tagasaste poseen un alto valor protéico y bajo contenido de fibra. Por otro lado, el tallo tiene un alto porcentaje de fibra (42%). En general las hojas y tallos poseen una alta digestibilidad de la materia

seca y de la proteína por lo que es un excelente complemento protéico para animales que pastorean praderas de baja calidad. El alto valor nutritivo se complementa además con la alta palatabilidad o disposición de los animales a consumirlo.

## Cultivos de otoño invierno, cultivos tempranos y doble cultivo

Los cultivos de otoño e invierno, son una buena alternativa de producción en las zonas en estudio. Si bien el exceso de lluvias durante este periodo es un factor limitante, debido a que producen anegamiento de suelos, es posible aminorar sus efectos a través de sistema de drenajes y la siembra bajo plástico. El daño principal causado por inundaciones y anegamiento tiene que ver con asfixia de raíces, podredumbre de semillas y plantas. Además, el aumento de la humedad relativa favorece un incremento de enfermedades fungosas.

Las especies posibles de establecer en este periodo del año deben poseer algunas características específicas que les permitan soportar bajas temperaturas, fuertes vientos y exceso

de humedad en el suelo. La investigación ha permitido la creación de nuevas variedades que permiten soportar de buena forma las inclemencias climáticas, haciendo posible su siembra durante esta temporada.

Si bien es factible realizar siembras de cultivos al aire libre, se corren riesgos importantes de perder parte o la totalidad de la siembra a causa de heladas, temporales de viento, lluvia y granizos. Es por ello que el adelantamiento de las siembras en la temporada puede ser un gran acierto, debido a que mientras

antes se logre la cosecha, mejor será el precio del producto; como también puede ser un gran fracaso, debido a que los fenómenos climáticos pueden arrasar con la producción.

El cultivo bajo plástico es una buena medida de protección frente a condiciones climáticas extremas, debido que nos permite controlar algunos factores climáticos importantes como un aumento de la temperatura, disminución de la humedad relativa, entre otros.

Tabla 3. Calendario de siembra y cosecha.

Especie	Aire Libre		Plantines y trasplante		Bajo Plástico	
	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Lechuga	Agosto	Octubre	Julio	Septiembre	Mayo	Julio
Espinaca	Julio	Septiembre	Julio	Septiembre	Mayo	Julio
Cilantro	Agosto	Septiembre	Julio	Septiembre	Mayo	Julio
Puerro	Agosto	Noviembre	Julio	Septiembre	Mayo	Agosto
Acelga	Julio	Septiembre	Julio	Septiembre	Mayo	Julio

Una opción intermedia corresponde a la producción de plantines de hortalizas bajo plástico durante la temporada invernal, para luego trasplantar al aire libre cuando el clima lo permita. De esta forma se puede acortar el ciclo productivo en una o dos semanas, coincidiendo con el periodo de mayor precio del producto. Por ejemplo, la lechuga sembrada al aire libre tiene un ciclo productivo de 60 a 90 días, en cambio al hacer plantines bajo invernadero, este periodo disminuye en 10 a 20 días.

Es importante señalar que cualquiera sea la forma de producción, al aire libre o bajo plástico, se deben considerar el escalonamiento de las siembras. Esto permite tener verduras frescas a lo largo de todo el año para el consumo familiar, permitiendo además la venta de excedentes. Por lo general se realizan siembras cada 20 a 30 días de hortalizas de hoja como acelga, lechuga, cilantro, entre otros. Los cultivos que tienen una buena guarda como zapallos, cebollas, ajos, no es necesario escalonar sus siembras.

Las especies que se pueden considerar para una siembra temprana corresponden a:

Al aire libre, se pueden establecer cultivos anuales como trigo, avena, triticale, lupino; además de hortalizas como acelga, achicoria, ajo y cebolla temprana, apio, arveja, betarraga, cilantro, coliflor y repollo, espinaca, haba, lechuga, nabo, perejil, puerro, rábano y zanahoria; forrajeras como ballica, alfalfa, avena forrajera, mezclas de gramíneas y leguminosas como avena más vicia, trébol blanco con ballica.

Bajo plástico o invernadero, es posible establecer hortalizas de hoja como lechuga, apio, espinaca, cilantro, perejil, acelga, además de hierbas medicinales como menta, toronjil, hierba de san juan, caléndula, entre otras.

Los manejos agronómicos de cada especie dependerán de la variedad seleccionada, las condiciones climáticas imperantes, el tipo de suelo, entre otras. Sin embargo, se debe considerar

que durante la época de lluvias la incidencia de enfermedades fúngicas es alta, por lo que se debe estar atento al monitoreo constante del predio para posibles aplicaciones de fungicidas.

En la realidad de la Agricultura Familiar Campesina, encontramos que una limitante importante consiste en el costo de los insumos para la producción. El elevado costo de maquinaria, semillas, productos fitosanitarios y fertilizantes, hace muy difícil para el agricultor lograr rendimientos altos.

Por lo anterior, se requiere la realización de una serie de manejos que reduzcan costos al agricultor. Algunas de ellas se detallan a continuación:

**Policultivos o cultivos asociados.** Sistema de cultivos de dos o más especies en una misma superficie, generando una mayor diversidad de plantas, imitando de cierta forma la biodiversidad que se encuentra de manera normal en la naturaleza, tras las cuales aparecen también una gran diversidad de insectos benéficos y de enemigos naturales, impidiendo que plagas y enfermedades colonicen de manera rápida los cultivos, e incluso actuando como barrera natural.

**Rotación de cultivo.** Consiste en alternar especies de distintas características, con diferentes niveles de extracción de nutrientes y órgano de consumo, para maximizar el uso del suelo, mantener la fertilidad del mismo, y un buen estado sanitario. Por lo general, la rotación se inicia con una leguminosa, arveja, haba, poroto, que fijan nitrógeno atmosférico a través de los nódulos radiculares producto de simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*.

Se recomienda no repetir especies de la misma familia, debido a que por lo general las atacan las mismas plagas y enfermedades, como por ejemplo tomate, papa, pimentón, ají. El primero deja



Figura 16. Policultivo al aire libre e invernadero.

Tabla 4. Rotación de cultivos.

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Leguminosa: Poroto - Haba - Arveja	Hortaliza de Hoja: Lechuga - Espinaca - Cilantro	Hortaliza de Raíz: Zanahoria - Rabanito - Endivia	Cereal: Trigo - Triticale - Avena

el suelo muy contaminado con hongos, huevos de insectos, etc. Por ello se recomienda no repetirlo al menos hasta cuatro años después.

Tampoco se considera una buena rotación la siembra de cebolla después de ajo o viceversa, debido a que presentan las mismas exigencias en nutrientes y pertenecen a la misma familia botánica.

Una buena opción consiste en la siembra de Avena entre cultivos de alta carga de patógenos, sus raíces secretan sustancias alelopáticas que deprimen el crecimiento y desarrollo de hongos.

**Cultivos de cobertura.** Establecimiento de especies forrajeras solas o en mezclas, leguminosas o gramíneas, generalmente debajo de especies frutales, lo que permite mejorar la fertilidad de suelo, aumentar el control biológico de suelo, evitar erosión del mismo, al mantener la cubierta de suelo durante todo el año. Ejemplo, siembra de avena, avena más vicia, trébol subterráneo, trébol rosado, bajo plantación de frutales como manzano, peral, cerezo.

**Abono Verde:** Siembra de un cultivo específico que se incorpora al suelo luego de alcanzar cierta altura y desarrollo, aportando gran cantidad de materia orgánica de fácil descomposición, y cuyos nutrientes son de fácil absorción por parte de los cultivos posteriores. Además, al ser sembrado en otoño e invierno, protege al suelo de los efectos erosivos de viento y lluvia.

Otras técnicas de manejo apropiadas, consisten en la utilización de abonos orgánicos o enmiendas. Estas prácticas están muy difundidas entre los agricultores, quienes aportan nutrientes a través de la incorporación al suelo de guanos de animales de corral, como ovinos y caprinos, y en menor medida de aves, bovinos y equinos. Además, la utilización de compost y humus de lombriz, la primera muy utilizada y la segunda tomando relevancia en el último tiempo, permite el reciclaje de nutrientes y la reutilización de materiales de deshecho. Por último cabe señalar el uso de abonos verdes y de enmiendas calcáreas.

Todas estas técnicas buscan, no solo la incorporación de nutrientes al suelo, sino que favorecen las propiedades químicas (fertilidad, conductividad eléctrica, pH), físicas (retención de humedad, densidad aparente, compactación) y biológicas

(microorganismos de suelo).

## Cultivos en invernadero, una alternativa para el control del clima

Un invernadero es una construcción que presenta una estructura de soporte, por lo general madera, fierro galvanizado, pvc; y una cubierta, la cual puede ser de polietileno, vidrio, policarbonato, entre otros materiales. La cubierta posee la propiedad de dejar pasar a través de ella solo una parte de la radiación incidente, lo cual dependerá del material de la misma, mientras más transparentes a la luz visible, mayor cantidad de radiación pasará por su pared.

Cuando un invernadero recibe luz solar, parte de ella es reflejada por el material de la cubierta. No obstante, la mayoría penetra al interior, alcanza el suelo y las plantas, éstos suben su temperatura y emiten de manera constante radiaciones caloríficas que quedan atrapadas dentro de la estructura. Este fenómeno se denomina efecto invernadero, y permite almacenar la energía térmica (calor) recibida durante el día, manteniendo encerrado un volumen de aire caliente que demora en enfriarse durante la noche.

El cultivo bajo plástico es una estrategia muy certera para utilizar de manera eficiente el agua, la mano de obra, los insumos agrícolas. De esta manera se obtienen productos de alta calidad tanto para el autoconsumo como para la venta de excedentes.

Protege los cultivos de las bajas temperaturas y de heladas. Este factor es de suma importancia en la zona sur del país, donde las temperaturas invernales descienden por debajo de los 0°C, causando daños considerables, e incluso irreversibles, en los tejidos de las plantas.

Reduce la velocidad del viento, factor ambiental que también afecta la evapotranspiración de los cultivos. Al disminuir la velocidad del viento, disminuye también la evapotranspiración, haciendo más eficiente el uso de agua de riego. Además, limita la radiación solar, con esto la evapotranspiración es menor y las necesidades hídricas también disminuyen.

Reducción del daño por plagas y enfermedades, al manejar

factores ambientales y aislar el interior del invernadero del medio externo, es más fácil mantener los cultivos libres de problemas fitosanitarios causados por plagas y enfermedades fungosas.

Aumenta rendimientos y calidad de los cultivos, además de incrementar las cosechas, permite una mejor utilización de los recursos tales como agua, suelo, luz solar, energía, CO<sub>2</sub> atmosférico. Y la protección de los factores ambientales, lluvia, granizo, viento, frío y contra ataques de insectos y enfermedades, permite un aumento en la calidad de los productos hortícolas.

Para asegurar que las ventajas anteriormente señaladas se hagan efectivas, se debe considerar algunos elementos como ubicación, orientación y diseño del invernadero, además de materiales de construcción:

### **Ubicación:**

- Suelos nivelados y sin apozamientos de agua. Los excesos de agua en el suelo producen asfixia radicular y aumentan la humedad ambiental, lo que incide en problemas fitosanitarios, al mantener además un ambiente de altas temperaturas.
- Lugar protegido de vientos fuertes. Esto puede dañar la cubierta y la estructura del invernadero. Si además este viento fuerte es un viento frío, aumenta el peligro de inversión térmica.
- Lugar de brisa suave. Esta removerá el aire húmedo al interior del invernadero, evitando un ambiente propicio para la aparición de problemas fitosanitarios. Por lo anterior es muy importante que el invernadero cuente con sistemas de ventilación, sean lucarnas, ventanas, puertas o cortinas desplegadas.
- Evitar, dentro de lo posible, zonas de niebla. Una condición de niebla constante, está estrechamente relacionada con la incidencia de enfermedades fungosas en los cultivos.
- Disponibilidad de agua de riego. Fundamental para suplir las necesidades hídricas de los cultivos, si es posible la incorporación de sistemas de riego tecnificado, sea goteo, aspersión o micro aspersión, que permitan un mejor control de los factores de tiempo y frecuencia de riego, y si es posible además incorporar un sistema de fertirriego se logrará aumentar la producción y controlar posibles problemas fitosanitarios.

- Suelo. Más que la fertilidad del suelo, cuestión relevante pero que puede ser superado por un sistema de fertirrigación, los problemas de napas freáticas superficiales, toscas, pie de arado o salinidad o acidez del suelo, se tornan aún más restrictivas para la producción.

- Cercanía a fuente de energía. Que permita operar motores para riego u otros.

### **Orientación:**

- Viento. La orientación del invernadero debe considerarse de manera que presente la menor resistencia al viento dominante. De este modo se evitan posibles daños en cubierta y estructura.

- Luz. Lo ideal es orientar el invernadero de manera que reciba la máxima energía del sol durante la mañana, momento en el cual se necesita aumentar la temperatura rápidamente. Esto se logra construyendo el invernadero de manera perpendicular a los rayos del sol, es decir, de norte a sur. Misma situación para cultivos altos como tomates, porotos guiados, pepinos, que pueden producir sombreamiento entre ellas. Sin embargo, cuando la producción se basa en cultivos bajos, como hortalizas de hoja o raíces, la mejor orientación será de este a oeste, debido a que no existe problema de sombreamiento de una planta a otra, como en el caso de cultivos altos.

### **Diseño:**

- Diseño y luminosidad. La intención es permitir la máxima entrada de luz, de esta forma se aumenta la fotosíntesis de las plantas y se eleva la temperatura del invernadero. Para lograrlo, la estructura debe ser la mínima posible, para evitar sombreamientos, pero lo suficientemente resistente, para soportar los vientos, lluvias y otras condiciones climáticas que puedan afectar la estructura y cubierta. La máxima luminosidad se obtiene de invernaderos semicirculares o tipo túnel. En caso de tener dos aguas, tipo casa, el ángulo de inclinación debe ser el menor posible.

- Diseño y ventilación. Factor muy importante, para regular temperatura y humedad dentro del invernadero. Ambos factores relevantes para proteger de problemas fitosanitarios. Por lo anterior se busca tener una gran superficie de ventilación, y que el mecanismo de apertura sea rápido y cómodo para el

usuario. En cultivos altos, el sistema ideal de ventilación es mediante lucarnas, esto quiere decir que el aire entra por los costados del invernadero, a través de cortinas que se abren, y la salida por la parte alta del invernadero, a través de una especie de ventana formada por un desnivel entre ambas aguas.

- Diseño y relación volumen/superficie. La altura es importante, a mayor altura del invernadero permitirá un calentamiento de una mayor masa de aire dentro del mismo, con esto las fluctuaciones de temperatura son menores, más estables y el ambiente para las plantas es más benéfico. La altura también es importante para la ventilación del invernadero, ya que, a mayor altura, mayor es el desplazamiento del aire caliente por las lucarnas o ventanas del techo, lo que provoca un enfriamiento más eficiente, y con esto es posible mantener las condiciones fitosanitarias de los cultivos. Se estima que por cada metro cuadrado de superficie debe asegurarse un ambiente encerrado de 3 metros cúbicos.

Cuando no sea posible la construcción de invernaderos de altura adecuada, como consecuencia de estar en zonas de vientos fuertes, se debe considerar la construcción de doble techo, para resguardar del riesgo de heladas.

### **Materiales de construcción:**

Otro parámetro a considerar, consiste en el material de construcción del invernadero. Principalmente se utiliza madera y polietileno. La experiencia señala que los invernaderos construidos con madera y polietileno tienen una duración de 3 temporadas máximo, siendo necesario cambiar al menos el polietileno y parte de la techumbre, luego de este periodo. Es ideal ir incorporando, al menos para la construcción de techos, policarbonato alveolar, como manera de alargar la vida útil del invernadero y también para aumentar la protección contra bajas temperaturas. Importante es el apoyo de programas de fomento para ir incorporando materiales de mayor longevidad.

Los cultivos bajo invernadero son una alternativa para enfrentar condiciones de cambio climático y escasez hídrica, debido a que permiten el cultivo de especies durante todo el año, controlando factores climáticos importantes como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar. Además, permitirá diversificar la producción de cultivos, ampliando el abanico de posibilidades, incorporando especies hortícolas de ciclo corto. Esto a su vez incrementará la seguridad alimentaria familiar y la venta de excedentes de la producción.

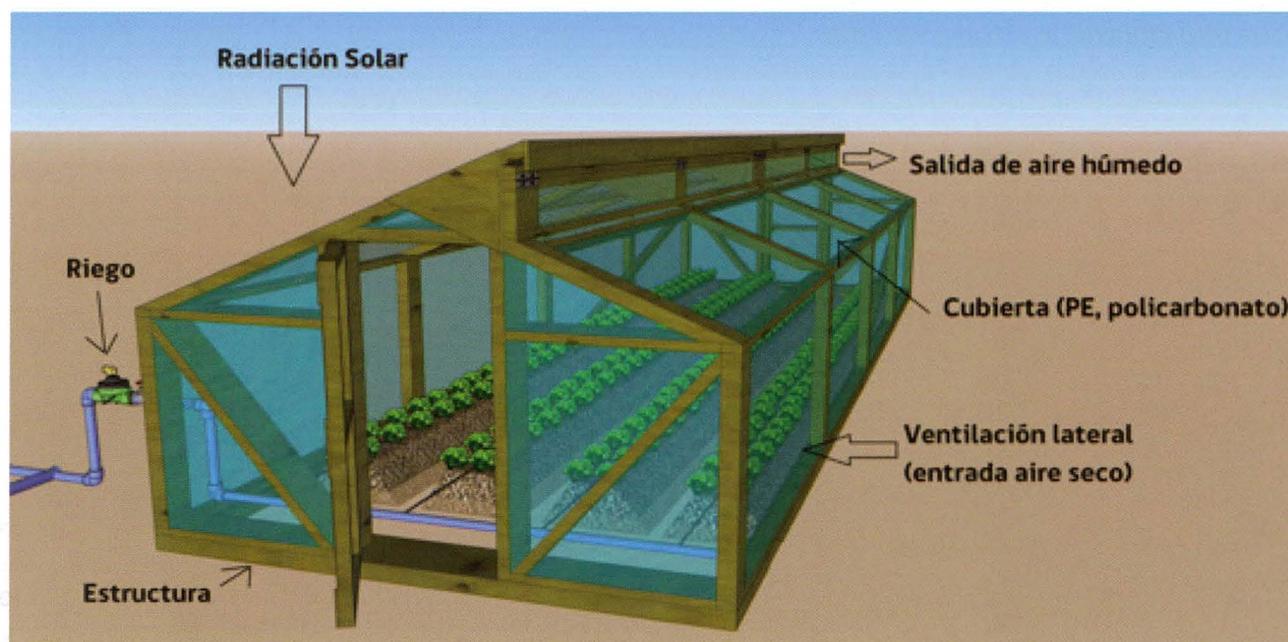


Figura 17. Esquema de invernadero.

## Evaluación económica de estas estrategias

Antes de realizar un análisis del costo-beneficio que traen consigo las alternativas propuestas, se debe hacer mención a que la producción agrícola en las zonas en estudio tiene un contexto más cultural que comercial. La agricultura familiar campesina, considera un componente de siembra de cultivos y subproductos como conservas, mermeladas, deshidratados, así como también de crianza de animales y subproductos como huevos, leches, lana; como parte de su idiosincrasia y tradiciones, utilizando mano de obra familiar, que puede tener otro empleo y que en sus tiempos libres trabaja en el predio o que realizan labores de temporada en fundos o campos cercanos.

Para realizar una evaluación económica de las alternativas propuestas con anterioridad, se realizará un diseño predial

que considera prácticas de rotación de cultivos, cultivos al aire libre y bajo plástico y una superficie de pradera para crianza de ganado menor. Para ello consideraremos una superficie de 1 ha, con riego tecnificado, con electrobomba de 1 HP, y un caudal disponible de 1 l/s.

El diseño predial consistirá en 4 subunidades prediales de 2500 m<sup>2</sup> cada uno, donde se realizará rotación de cultivos de manera anual. Esto se esquematiza de la siguiente manera:

Tabla 5. Diseño predial.

Subunidad Predial 1	Subunidad Predial 2
<p>Invernadero:</p> <p>Cultivos de Invierno: Acelga, cilantro, espinaca, lechuga.</p> <p>Compostaje y/o Lombricultura</p> <p>Hortalizas al aire libre:</p> <p>Cultivos de invierno y primavera: Rabanito, Tomate, Pimiento, Puerro.</p>	<p>Pradera Natural:</p> <p>Pastoreo animal, cerdos, aves, ovinos.</p> <p>Manejo con cerco eléctrico.</p>
Subunidad Predial 3	Subunidad Predial 4
<p>Leguminosas: Habas, Porotos, Arvejas.</p>	<p>Praderas Anuales:</p> <p>Avena + Vicia o</p> <p>Avena + Ballica.</p> <p>Praderas Permanentes:</p> <p>Alfalfa o Ballica perenne.</p> <p>Ambas destinadas a henilaje.</p>

Se analizará las subunidades por separado para facilitar los cálculos. Sin embargo, se debe entender que el diseño predial planteado considera un modelo de producción sustentable, que no es posible separar, donde cada subunidad otorga algún subproducto a la siguiente. Por ejemplo, la subunidad predial 4 alimenta los animales de la subunidad predial 2, que a su vez entrega guano para abonar la subunidad 1 y 3.

En la subunidad predial 1, donde la producción se basa en hortalizas bajo plástico y al aire libre se estiman los siguientes costos:

Tabla 6. Costos de producción de hortalizas bajo plástico e invernadero, Subunidad predial 1.

Insumo	Unid.	Cant.	Costo \$/ Unidad Predial (2.500 m <sup>2</sup> )
Preparación de suelo	Ha	0,25	15000
Semilla	Kg	5	150.000
Siembra y Abonadura	J/H	2	30.000
Control manual de Malezas	J/H	5	75.000
Operación de Riego	J/H	10	100.000
Costo energía para riego	KWH	130	15.600
Cosecha	J/H	15	150.000
Transporte a lugar de venta	Unid.	10	50.000
<b>Costo total</b>			<b>600.600</b>

Para calcular los ingresos producidos en la Subunidad predial 1, analizaremos la Tabla 7:

Tabla 7. Ingresos producidos en Subunidad predial 1.

Especie	Unid.	Cant.	Ingreso/ unid.	Ingreso \$/ Esp.
Lechuga	Unid.	2000	300	600.000
Espinaca	Doc.	100	6000	600.000
Puerro	Doc.	120	5000	600.000
Acelga	Doc.	100	2000	200.000
Tomate	Doc.	400	2000	800.000
Rabanito	Unid.	2000	300	600.000
Pimiento	Doc.	100	6000	600.000
Cilantro	Doc.	120	5000	600.000
<b>Ingreso total</b>				<b>2.800.000</b>

En el caso de la Subunidad predial 2, el análisis es más simple, tomando en cuenta que solo se debe considerar el manejo animal y abonadura de pradera:

Tabla 8. Costos de producción de pastoreo directo de animales menores en Subunidad predial 2.

Insumo	Unid.	Cant.	Costo Por Unidad Predial (2.500 m <sup>2</sup> )
Abonadura	J/H	2	30.000
Manejo de Cerco eléctrico	J/H	5	75.000
Alimentación animal	J/H	5	75.000
<b>Costo total</b>			<b>180.000</b>

Tabla 9. Ingresos producidos por subunidad 2.

Especie	Unid.	Cant.	Ingreso por unidad	Ingreso Por Especie
Porcinos (Lechones 30 kg)	Unid.	10	40.000	400.000
Aves (huevos)	Doc.	30	3.000	90.000
Aves (pollos)	Unid.	20	2.500	50.000
Ovinos (corderos)	Unid.	2	50.000	100.000
<b>Ingreso Total</b>				<b>640.000</b>

Para la Subunidad predial 3, la producción de leguminosas se puede realizar en fresco o seco, lo que otorga una alternativa de comercialización adicional.

Tabla 10. Costos de producción de producción de leguminosas en Subunidad predial 3.

Insumo	Unid.	Cant.	Costo Por Unidad Predial (2.500 m <sup>2</sup> )
Preparación de suelo	Ha	0,25	15.000
Semilla	Kg	10	40.000
Siembra y Abonadura	J/H	2	30.000
Control manual de Malezas	J/H	5	75.000
Operación de Riego	J/H	10	150.000
Costo energía para riego	KWH	130	15.600
Cosecha	J/H	10	150.000
Transporte a lugar de venta	Unidad	10	50.000
<b>Costo total</b>			<b>525.600</b>

En la Tabla 11 se desglosan los ingresos producidos por la venta de leguminosas, en fresco y en grano.

Tabla 11. Ingresos producidos en Subunidad predial 3.

Especie	Unid.	Cant.	Ingreso por unidad	Ingreso Por Especie
Haba (fresco)	Kg	400	800	320.000
Haba (grano)	Kg	5	2500	12.500
Poroto (verde)	Kg	300	700	210.000
Poroto (grano)	Kg	10	2000	20.000
Arveja (verde)	Kilos	300	800	180.000
Arveja (grano)	Kilos	5	2000	10.000
<b>Ingreso Total</b>				<b>752.500</b>

Para el análisis de costos e ingresos de la Subunidad predial 4, se señalan las Tabla 12 y Tabla 13 a continuación:

Tabla 12. Costos de producción de producción de leguminosas en Subunidad predial 4.

Insumo	Unid.	Cant.	Costo Por Unidad Predial (2.500 m <sup>2</sup> )
Preparación de suelo	Ha	0,25	15.000
Semilla Avena	Kg	50	50.000
Semilla Vicia	kg	5	20.000
Siembra y Abonadura	J/H	2	30.000
Enfardado	H	2	80.000
<b>Costo total</b>			<b>195.000</b>

Tabla 13. Ingresos producidos en Subunidad predial 4.

Especie	Unid.	Cant.	Ingreso por unidad	Ingreso Por Especie
Fardos de Avena + Vicia	fardos	100	3000	300.000
<b>Ingreso Total</b>				<b>300.000</b>

En la Tabla 14, se observa un resumen de costos e ingresos por subunidad predial, para comprender el sistema completo:

Tabla 14. Consolidado de costos e ingresos de la Unidad predial.

Subunidad Predial	Costos	Ingresos	Utilidad
1. Hortalizas	600.600	2.800.000	2.199.400
2. Pradera Natural	180.000	640.000	460.000
3. Leguminosas	525.600	752.500	226.900
4. Pradera Artificial	195.000	300.000	105.000
<b>Total Unidad Predial</b>	<b>1.501.200</b>	<b>4.492.500</b>	<b>2.991.300</b>

Al analizar los datos obtenidos de las tablas de costos e ingresos, se observa un margen o utilidad relativamente menor, para una hectárea en un año. Sin embargo, se debe considerar que el mayor porcentaje de costos lo constituye la Mano de Obra, con un 48,6% del total, es decir, 795.000 pesos. No obstante, en la gran mayoría de las explotaciones de agricultura familiar campesina, este costo, o estas labores, son absorbidos por la mano de obra familiar.

Por lo anterior es posible eliminar este ítem del análisis, quedando de la siguiente manera:

Subunidad Predial	Costos	Ingresos	Utilidad
<b>Total Unidad Predial</b>	<b>841.200</b>	<b>2.657.500</b>	<b>1.816.300</b>

Como alternativa productiva, y producto de las ventajas del cambio climático, es factible cambiar las unidades productivas, por ejemplo, reemplazar la subunidad predial 3 de producción de leguminosas por frutillas, lo cual permitiría aumentar los ingresos.

Un análisis de costos de establecimiento de un huerto de frutillas se señala a continuación:

Tabla 15. Costos de establecimiento de un huerto de frutillas.

Insumo	Unid.	Cant.	Costo Por Unidad Predial (2500 m <sup>2</sup> )
Plantas	Unid.	10.000	700.000
Mulch	Unid.	4	800.000
Mano de obra	J/H	25	500.000
Sistema de Riego	Unid.	1	500.000
<b>Costo Total</b>			<b>2.500.000</b>

Los ingresos posibles de obtener mediante el cultivo de la frutilla se ven en la siguiente tabla:

Tabla 16. Ingresos posibles de obtener mediante el cultivo de la frutilla.

Especie	Unid.	Cant.	Ingreso Por Especie
Frutillas	Caja 6 kg	1.500	3.750.000
<b>Ingreso Total</b>			<b>3.750.000</b>

Lo que daría una utilidad de la subunidad frutillas sería de \$1.250.000.

Ahora si reemplazamos esta subunidad en el análisis predial, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 17. Resultado reemplazando la subunidad.

Subunidad Predial	Costos	Ingresos	Utilidad
1. Hortalizas	600.600	2.800.000	2.199.400
2. Pradera Natural	180.000	640.000	460.000
3. Frutillas	2.500.000	3.750.000	1.250.000
4. Pradera Artificial	195.000	300.000	105.000
<b>Total Unidad Predial</b>	<b>3.475.600</b>	<b>7.490.000</b>	<b>4.014.400</b>

Cabe señalar que se debe hacer un análisis más detallado de las externalidades positivas y negativas que implica el establecimiento de un huerto de frutillas, en cuanto a los puestos de trabajo que puede crear o en la problemática ambiental que generan los residuos de mulch, así como también se debe considerar que un huerto de frutillas implica aplicación de pesticidas para controlar enfermedades y plagas.

De todos modos, el cambio climático permite alternativas interesantes de analizar para los agricultores, como son el establecimiento de huertos de berries, la producción de hortalizas de otoño y primavera, brassicas forrajeras, entre otras alternativas. Además, se debe evaluar la posibilidad de agregar valor a los productos mediante la elaboración de mermeladas, deshidratados, pastas y otros.

# MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA



Fotografía: Franco Oteiza.

## MEDIDAS DE CORTO PLAZO

### Diversificar tipo de cultivo, adelantar o retrasar fechas de siembra o plantación

En general, en todo el sur de Chile hay buena variabilidad de cultivos, aunque las capacidades de los territorios no son aprovechadas al máximo. Se requiere ampliar la diversificación con tecnificación y cultivos adaptables al cambio de temperatura y caudal estival, potenciando cultivos hortofrutícolas en las zonas de riego.

Las plantas no pueden esperar a que el clima les sea favorable, por lo tanto, somos nosotros los que tenemos que aplicar una serie de medidas para poder continuar en la actividad agrícola sin que se afecten los rendimientos.

Las medidas que podemos adoptar para que en el corto plazo nos ayuden a disminuir los efectos del cambio climático en la agricultura pueden ser:

1.- Limpieza de y reparación de fuentes de abastecimiento de aguas: Los canales, tranques y cualquier reservorio de aguas debe mantener limpio y en condiciones óptimas de funcionamiento. Los canales no son vertederos en los cuales se puede botar libremente la basura doméstica, desechos industriales o agrícolas. Lo mismo ocurre con los tranques, acumuladores nocturnos y embalses de temporada. Por otro lado, estos deben mantenerse libres de filtraciones y con todas sus estructuras de descarga o de entrada de agua, en buenas condiciones.

2.- Aplicar menores tasas de riego: Por lo general, los cultivos extraen agua desde el suelo en diferentes proporciones de acuerdo a la profundidad de raíces. Si dividimos la profundidad de raíces de un cultivo en cuatro partes, por lo general la extracción es mayor en el primer cuarto (40 %), un poco menor en el segundo cuarto (30%) y así va disminuyendo hasta llegar a la mayor profundidad de raíces. Esto indica que si sólo logramos llegar con el agua de riego hasta la mitad de la profundidad de raíces estaríamos satisfaciendo alrededor del 70 % de las necesidades hídricas de las plantas. Hay estudios que señalan que aplicando sólo un 75% de lo que necesita la planta, los rendimientos no se ven afectados.

3.- Implementación de riego tecnificado: Se señaló en un capítulo anterior la necesidad de utilizar métodos de riego de alta eficiencia como goteo y aspersión, con todos sus derivados. Junto a esto, es necesario señalar que es de suma importancia que los equipos de riego estén funcionando en forma óptima, con las presiones adecuadas, boquillas uniformes, goteros de iguales características, tuberías sin roturas, etc. Esto ayudará a mejorar la uniformidad del riego.

4.- Cultivos de menor consumo: Si el patrón de cultivos actual está en base a aquellos de gran necesidad hídrica, será necesario modificar dicho patrón a cultivos de buena adaptación a la zona, pero de menor requerimiento hídrico, con el fin de poder cosechar productos que utilicen menos agua pero que al final de la temporada nos reporten una utilidad igual o superior a la de los cultivos más exigentes en agua.

5.- Controlar malezas: Las malezas son una fuente permanente de competencia con los cultivos, principalmente por luz, agua y nutrientes. Si no las controlamos estarán consumiendo gran parte de la escasa agua que tenemos disponible para nuestro cultivo y este control debe ser cuando la maleza aún está pequeña puesto que en la medida en que esta crece, el control se hace más difícil.

6.- Modificar fecha de siembra o plantación: En la medida que la falta de agua encuentre a los cultivos más desarrollados, menos afectará sus rendimientos. Por esta razón y en la medida que las condiciones de temperatura lo permitan es muy favorable adelantar la época de siembra y/o plantación de algunos cultivos.

### Planificar la superficie de siembra

Planificar la superficie máxima de siembra en un predio, tiene relación con conocer la demanda de agua de la zona y del cultivo (evapotranspiración del cultivo), la eficiencia del método de riego que se utilizará, y el caudal disponible de la fuente de agua (pozo o vertiente).

La superficie máxima de riego es importante debido a que, si se respeta este valor de superficie, se asegura que el cultivo no estará bajo estrés hídrico, y por lo tanto se asegurará un alto potencial productivo. La siguiente tabla muestra la superficie máxima de siembra o plantación de diferentes cultivos en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos para diferentes

métodos de riego. Como se ve, a superficie máxima de siembra se ve afectada principalmente por el método de riego, ya que este determina la eficiencia de aplicación de agua (es decir, en un riego por surco que tiene una eficiencia de aplicación de agua de un 45%, de 100 litros de agua aplicada, el cultivo aprovecha solo 45 litros. Por otro lado, si se regara con goteo, el que tiene un 90% de aplicación, de 100 litros que se aplican, el cultivo aprovecha 90 litros). Por otro lado, con el cultivo también varía la superficie máxima de siembra, ya que está intrínseca la evapotranspiración de cultivo (demanda de agua del cultivo). Este ejemplo, se calculó en base a una evapotranspiración potencial según la comuna, una eficiencia de aplicación de agua de los sistemas de riego de surco 45%, aspersión 75% y goteo 90%. Todos los cálculos se realizaron en base a un caudal de 0,5 l/s.

Según esta tabla, se puede concluir que es necesario seleccionar cultivos con bajo requerimiento hídrico y sistemas de riego con una alta eficiencia de aplicación de agua. Considere Tabla 18 como una referencia, donde una ha (hectárea) equivale a 10.000

m<sup>2</sup>. Entonces 0,4 ha equivale a 4.000 m<sup>2</sup>. Y si el caudal del predio es menor a 0,5 l/s (correspondiente al ejemplo), la superficie también disminuirá proporcional.

Por ejemplo, en la comuna de Ercilla, regar frutillas por surco con un caudal disponible de 0,5 l/s, significa poder regar 0,3 ha (3.000 m<sup>2</sup>), al pasar a riego por goteo se podrá regar 0,7 ha (7.000 m<sup>2</sup>). Así para hacer la conversión en caudal, si se tuviese 0,25 l/s, se podrá regar la mitad de la superficie. Sin embargo, lo que se mantiene es que la superficie de siembra aumentará al disminuir el requerimiento hídrico y tecnificar el riego.

Hay que estar atento además a la presencia del fenómeno del niño y la niña. Si el invierno ha sido lluvioso producto de la presencia del fenómeno del niño es probable que disponga de más agua en primavera-verano, pudiendo sembrar con confianza mayores superficies de cultivos tempranos como papas, si las condiciones del predio lo permiten.

Tabla 18. Superficie máxima de siembra en base a diferentes sistemas de riego, cultivo y localidades.

Localidad	Cultivo	Surco (ha)	Aspersión (ha)	Goteo (ha)
Nueva Imperial Padre las Casas	Ajo	0,4	0,7	0,8
	Alfalfa	0,4	0,6	N/A
	Frutilla	0,4	N/A	0,7
	Maíz	0,3	0,5	0,6
	Lechuga	0,4	N/A	0,8
	Papa	0,3	0,5	0,6
	Tomate	0,3	N/A	0,7
	Betarraga	0,3	0,5	N/A
Ercilla	Ajo	0,4	0,6	0,7
	Alfalfa	0,3	0,5	N/A
	Frutilla	0,3	N/A	0,7
	Maíz	0,3	0,5	0,6
	Lechuga	0,4	N/A	0,7
	Papa	0,3	0,5	0,6
	Tomate	0,3	N/A	0,6
	Betarraga	0,3	0,5	N/A

Localidad	Cultivo	Surco (ha)	Aspersión (ha)	Goteo (ha)
Los Ríos: Sn. José de la Mariquina Río Bueno La Unión	Ajo	N/A	0,7	0,9
	Alfalfa	N/A	0,7	N/A
	Frutilla	N/A	N/A	0,8
	Maíz	N/A	0,6	0,7
	Lechuga	N/A	N/A	0,9
	Papa	N/A	0,6	0,7
	Tomate	N/A	N/A	0,8
	Betarraga	N/A	0,6	N/A
San Pablo	Ajo	N/A	0,7	0,9
	Alfalfa	N/A	0,7	N/A
	Frutilla	N/A	N/A	0,8
	Maíz	N/A	0,6	0,7
	Lechuga	N/A	N/A	0,9
	Papa	N/A	0,6	0,7
	Tomate	N/A	N/A	0,8
	Betarraga	N/A	0,6	N/A
Sn. Juan de la Costa Mauñín	Ajo	N/A	0,8	1,0
	Alfalfa	N/A	0,7	N/A
	Frutilla	N/A	N/A	0,9
	Maíz	N/A	0,6	0,8
	Lechuga	N/A	N/A	1,0
	Papa	N/A	0,6	0,8
	Tomate	N/A	0,7	N/A
	Betarraga	N/A	0,6	N/A
	Frutales menores	N/A	N/A	0,6

N/A: No Aplica.

## Transferencia tecnológica permanente en manejo hídrico del riego

Los cambios en el clima y el avance de la agricultura hacia el sur por el cambio climático, ha provocado cambios importantes en tipos de cultivo y necesidad de riego. Se está avanzando desde una agricultura netamente dependiente de las precipitaciones de invierno y durante el período productivo a una agricultura de riego. Aún se percibe una gran brecha en conocimientos de riego y gestión de agua en la zona sur. Es de mucha relevancia fomentar la capacitación y transferencia tecnológica permanente, no sólo de los agricultores, sino también consultores, agentes de extensión, dirigentes de comunidades (mapuches, de aguas u otras). Para alcanzar niveles de eficiencia en la aplicación de agua, gestión y administración del recurso hídrico a nivel de cuenca se requiere de personas capacitadas técnica y organizacionalmente. En la zona norte y centro del país, la problemática hídrica ha sido un relevante durante muchos años, por lo que, a nivel país se ha avanzado en estos temas. Principalmente, y por la casi nula infraestructura extra predial se requiere que los agricultores adquieran conocimientos en las diversas dimensiones de la gestión eficiente de los recursos hídricos como son: desarrollo organizacional, aspectos legales, tecnologías de riego, manejo y operación de sistemas de riego (eficiencia y uniformidad), sistemas de acumulación de aguas, sistemas de conducción, etc. Además, al abrirse la posibilidad de incorporar nuevos cultivos, se requiere transferir conocimientos en el manejo agronómico como control de plagas y enfermedades, requerimientos hídricos de nuevas especies o variedades, requerimientos nutricionales, métodos de conservación de humedad de suelo (mulch), entre muchos otros.

Específicamente para la pequeña y mediana agricultura, se abre la posibilidad de incorporar nuevos cultivos y se abren nuevas posibilidades de comercialización de los productos agrícolas. Si bien la producción de la agricultura familiar campesina es principalmente para autoconsumo y venta de productos frescos en mercado local, existe posibilidad de darle valor agregado a la producción. Elaboración de productos como mermeladas, licores, pastas de verduras, conservas, jugos y deshidratados abre la posibilidad de agregarle vida útil a la producción y aumentar el precio de venta. Productos frescos que deben comercializarse en época de cosecha, cuando hay mayor oferta,

limita el precio. Elaboración de productos abre la posibilidad de preservar frutas y verduras para comercializarla durante todo el año y a mayor precio, incluso a otros mercados.

## MEDIDAS DE MEDIANO PLAZO

La gestión del agua para la agricultura es cada vez más compleja y los desafíos que provoca el cambio climático deberán enfrentarse en mayor medida mediante procesos de adaptación. La agricultura es un sector de la economía importante en Chile, ofrece oportunidades de empleo a la población rural y respalda los objetivos de seguridad alimentaria. Sin embargo, la agricultura requiere agua, un recurso cada vez más escaso. Las opciones para una gestión adecuada del agua en la agricultura incluyen una amplia gama de factores técnicos, de infraestructura, económicos y sociales. La agricultura bajo riego está protegida en cierta medida de la variabilidad natural en la disponibilidad de los recursos hídricos por la infraestructura hidráulica (embalses, canales y/o sistemas de riego). Las necesidades de agua deben suplirse en un contexto de disponibilidad decreciente, debido al aumento de la conciencia ambiental, al constante crecimiento de la población, el desarrollo económico y el estimado cambio climático global. Como consecuencia, la gestión del agua para la agricultura está interrelacionada no sólo con la gestión tradicional de los recursos hídricos, sino también con la producción de alimentos, el desarrollo rural y la gestión de los recursos naturales.

En general las medidas de adaptación al cambio climático relacionadas con la infraestructura de riego se han separado en i) estrategias de mitigación asociadas con la implementación de obras extra prediales de acumulación y distribución de agua y ii) estrategias de manejo de agua y la implementación de obras intra prediales incluyendo la tecnificación del riego.

El tipo de estrategia o medida determina en gran medida si los agricultores pueden adoptarlas sin la asistencia de recursos adicionales y es probable que se puedan implementar algunas medidas de gestión sin la necesidad de un apoyo económico extra. Esto también será cierto, en gran medida, para las estrategias de adaptación al cambio climático relacionadas con la selección de cultivos, mientras que las medidas de infraestructura hidráulica extra o intrapredial predial probablemente requieran una importante inversión de capital.

Normalmente se consideran los plazos de acción a corto plazo (dentro de los próximos 5 años), mediano plazo (dentro de 5-10 años) o largo plazo (más allá de 10 años). Si bien estos plazos parecen cortos en comparación con los plazos para las predicciones del cambio climático, se utilizan porque corresponden a plazos normales utilizados para la planificación de inversiones y el desarrollo de políticas territoriales. A medida que los impactos del cambio climático se intensifiquen en las próximas décadas, muchas de las medidas de adaptación inicialmente adoptadas tendrán que reforzarse o ampliarse en áreas más amplias.

En términos organizacionales y gestión de recursos hídricos, en la zona sur se debe avanzar en la conformación de OUAs. La conformación de OUA tiene diversas ventajas, entre las que se encuentran la resolución de conflictos y la toma de decisiones. Sin embargo, en lo que respecta a riego y drenaje podemos mencionar las siguientes ventajas: (a) facilita el desarrollo de proyectos extra prediales que pueden ser presentados por las OUA a la ley 18.450; y, (b) facilita la consecución de otros fondos o las asignaciones son mayores que bajo modalidad de postulación individual, como en el caso del programa de Pre-inversión de CORFO.

## Infraestructura de captación, acumulación y conducción

En cuanto a Infraestructura de Captación, Conducción y Acumulación las principales brechas observadas en las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos pueden ser identificadas como las primeras acciones o medidas de adaptación necesarias para mitigar los efectos negativos del cambio climático en la agricultura de riego.

### La Araucanía:

Según este estudio, la infraestructura de canales en la región es deficiente, existiendo varias comunas sin obras extra prediales de riego. Los canales están en un estado regular con falta de proyectos de mejoramiento generando pérdidas de conducción a lo largo de sus recorridos.

En general, existe la necesidad de infraestructura de acumulación. Específicamente se destaca la necesidad de obras de acumulación en la zona de Malleco Norte, debido a que en

época estival la cantidad de agua disponible para el riego de las superficies agrícolas disminuye, dejando zonas sin regar. Existen necesidades de rehabilitación del canal Imperial que permitan recuperar y ampliar la superficie de riego existente.

Se describe que los pequeños agricultores tienen baja participación en proyectos de tecnificación presentados a la ley de riego y no cuentan con asesoría accesible a consultores de riego para postular a nuevos proyectos de tecnificación. Existe una deficiencia en infraestructura de drenaje de suelos agrícolas, por lo que hay amplias zonas de la región en donde la actividad agrícola se ve restringida debido a esta limitante.

No menos importante, se menciona la necesidad de regularización de derechos de aprovechamiento de agua necesarios para iniciar estudios de prefactibilidad de nuevos proyectos de riego.

### Los Ríos:

En esta región el riego es una necesidad nueva y por lo tanto es incipiente en su desarrollo (escasa implementación de tecnologías eficientes en el uso del agua). Bajas capacidades en riego de los agricultores y de sus equipos asesores. Obras de riego no son bien utilizadas lo que disminuye su potencial y vida útil. Herramientas para desarrollar el potencial agropecuario de la zona deben ser adaptadas a capacidades limitadas de los agricultores (mayor y mejor acompañamiento).

Existe un déficit hídrico importante asociado también a una alta concentración de las precipitaciones en el invierno. Los recursos hídricos para riego son en su mayoría superficiales y acuíferos de importancia sólo se encuentran disponibles en zonas del valle central, si bien se requieren estudios y prospecciones locales para afirmar eso con precisión. No existen estudios actualizados sobre disponibilidad hídrica, ni la definición de caudales sustentables.

Las principales dificultades se encuentran en la baja disponibilidad de derechos de agua superficiales y al que, en el caso de aguas subterráneas, por una parte, no están disponibles en todo el territorio y, por otra, cuando están presentes, con las características actuales de los instrumentos públicos de fomento al riego, suponen una fuerte pre-inversión para el alumbramiento del recurso, hasta al menos tener el DAA en trámite. Para gran parte de los agricultores de la región esto

implica una inversión ajena a sus posibilidades. Por lo tanto, tanto para aguas superficiales como subterráneas, el aspecto económico supone una fuerte limitante para la implementación del riego exigiendo ya sea la adquisición de derechos de agua superficial o la pre-inversión en la construcción de un pozo por cuenta propia, viable sólo en zonas donde existan acuíferos disponibles (principalmente valle central).

No existe infraestructura extra-predial y la cobertura de la infraestructura predial deja una brecha importante con la superficie agropecuaria total. Los proyectos enfrentan dificultades de mantenimiento y de operación, por costos o falta de capacitación.

### **Los Lagos:**

La ausencia de estudios que permitan conocer la disponibilidad tanto superficial como subterránea y una red de estaciones de insuficiente cobertura, dificultan la adecuada gestión de los recursos hídricos y generan un panorama incierto en cuanto a las posibilidades futuras del desarrollo agropecuario bajo riego. La ausencia de estudios de delimitación de acuíferos en conjunto con las distancias ha limitado las posibilidades de acceso al agua subterránea que se presenta como una de las alternativas de abastecimiento para el sector agropecuario.

Ausencia de instrumentos de apoyo para la regularización de DDA de los pequeños productores, que permitan incrementar la asignación de derechos de aprovechamiento. Junto con ello no se han desarrollado evaluaciones de soluciones alternativas para aquellos sectores en que no exista disponibilidad. Existe un rechazo a los procesos actuales de tramitación de derechos, principalmente por los tiempos de respuesta y sensación de poca prolijidad en la verificación de los antecedentes.

El riego es un tema incipiente y el acceso a las tecnologías eficientes se dificulta por la ausencia de capacidades y los elevados costos que implica para los agricultores poder acceder a los equipos necesarios o las maquinarias necesarias para las construcciones de los proyectos. Los montos asignados para la zona no la convierten en terreno atractivo para los consultores de riego, lo que aumenta las dificultades para el acceso a concursos de fomento. No existen capacidades instaladas en la zona (ni en privados ni en equipos técnicos) para el desarrollo de proyectos de riego tecnificado. Deficiencias en la fiscalización

de las obras desarrolladas, lo que limita su vida útil y la mantención por parte de los usuarios.

Por lo tanto es posible concluir que medidas de adaptación al cambio climático relacionadas con la infraestructura de riego de mediano plazo deben considerar: Estudios que permitan determinar la disponibilidad real de recursos de aguas superficiales y subterráneas, Estudios de factibilidad de nuevas obras de acumulación, conducción y de rehabilitación de sistemas existentes, Proyectos de regularización de derechos de aprovechamiento de agua, Estudios de drenaje y un Análisis territorial de los efectos que tendría el cambio climático en las disponibilidades y las demandas de agua bajo diferentes escenarios.

Una de las formas más eficaces para enfrentar épocas de sequía es la acumulación de aguas, ya sean de tipo gravitacional que



Figura 18. Acumulador.

escurran o fluyan por cauces naturales o quebradas, o aguas provenientes de las precipitaciones. Cualquiera sea la fuente acumuladora de agua, ésta servirá para regar los cultivos en el periodo de primavera y si las condiciones climáticas lo permiten, en parte del verano.

En un cauce natural, la acumulación de agua puede ser realizada a través de un embalse. Para esto se debe construir en el curso de agua o quebrada un muro de tierra, cemento u otro material resistente que permita interceptar gran parte del agua que escurre en la época de fines de invierno y primavera, evitando



Figura 19. Acumulación en cauce natural.

que continúe su curso hacia zonas más bajas. Se debe tener la precaución de instalar una estructura llamada “vertedero” cuya función es evacuar el exceso de agua que provenga de crecidas del cauce o lluvias muy intensas. Este vertedero evitará el colapso de la estructura de acumulación ante un eventual aumento de volumen del agua embalsada. Debemos recordar que, ante el actual escenario de cambio climático, el agua es un elemento muy escaso que debemos cuidar y aprovechar al máximo. Una forma de evitar las pérdidas de ella es revestir el embalse acumulador con algún material impermeable que evite la infiltración de agua a través del suelo o a través de las paredes del muro o cortina del acumulador. Para esto lo más común es utilizar mangas de polietileno o geo membranas de mayor espesor, las que se instalan en el fondo del embalse. El ancho del material a utilizar dependerá de las dimensiones del acumulador.

¿Cómo calcular la capacidad del acumulador?

Conocer cuántos litros de agua es capaz de almacenar un acumulador es de gran importancia para poder estimar con certeza cuanta superficie se puede regar.

Un acumulador puede ser de diversas formas, algunas más irregulares que otras, pero por lo general se construyen circulares o rectangulares con taludes o paredes verticales y también inclinadas. En el caso de los acumuladores rectangulares de paredes verticales, la capacidad a embalsar se puede determinar multiplicando el largo por el ancho por la profundidad y por 0,8 ya que un embalse nunca se debe llenar hasta el máximo.

Como ejemplo, si un acumulador tiene las siguientes dimensiones:

Largo (L) = 10 m



Figura 20. Acumulador con geo membrana.

Ancho (A) = 4 m

Profundidad (P) = 2 m

Su volumen embalsado (V) será:

$V = L \times A \times P \times 0,8 = 10 \times 4 \times 2 \times 0,8 = 64 \text{ m}^3$  o el equivalente a 64.000 litros puesto que 1 metro cúbico ( $\text{m}^3$ ) es igual a 1.000 litros.

Si se trata de un acumulador de paredes inclinadas, para el cálculo debemos considerar el promedio entre el largo y ancho superior con el largo y ancho inferior.

A modo de ejemplo:

Largo superior (Ls) = 10 m

Largo inferior (Li) = 8 m

Ancho superior (As) = 4 m

Ancho inferior (Ai) = 2 m

Profundidad (P) = 2 m

Para obtener las dimensiones promedio se suman ambos anchos o largos y se dividen por 2.

Largo promedio (Lp) =  $(10 + 8) / 2 = 9 \text{ m}$

Ancho promedio (Ap) =  $(4 + 2) / 2 = 3 \text{ m}$



Figura 21. Acumulador de tierra.

Aplicando la misma fórmula usada en un acumulador de paredes verticales el volumen sería:

$V = 9 \times 3 \times 2 \times 0,8 = 43,2 \text{ m}^3$  o 43.200 litros

Si el acumulador es circular, el cálculo es un poco más difícil, pero es posible guiarse por la siguiente tabla para obtener el volumen acumulado. Para trabajar con la tabla se debe conocer el diámetro del acumulador que es la distancia entre ambas orillas en su punto máximo, y la profundidad.

Tabla 19. Profundidad del acumulador según el diámetro.

Diámetro (m)	Profundidad (m)		
	1	1,5	2
4	10.048	15.072	20.096
5	15.700	23.550	31.400
6	22.608	33.912	45.216
7	30.772	46.158	61.544
8	40.192	60.288	80.384
9	50.868	76.302	101.736
10	62.800	94.200	125.600

En el caso de los embalses de paredes oblicuas se debe obtener el diámetro promedio de la misma manera que en el caso del embalse rectangular de paredes oblicuas. Luego se aplica la tabla señalada anteriormente.

En cualquier embalse acumulador se debe evitar las pérdidas por evaporación que en las regiones Araucanía, Los Ríos y Los Lagos pueden llegar a ser de 500 mm durante la temporada primavera verano, es decir, se pueden perder como vapor de agua hacia la atmósfera, aproximadamente 500 litros por cada metro cuadrado de espejo de agua. Si el acumulador tiene una superficie de 40 m<sup>2</sup>, se pueden perder 20.000 litros de agua. Si comparamos este valor con lo señalado en el ejemplo anterior la pérdida será de alrededor de un tercio del volumen embalsado.

Estas pérdidas se pueden evitar cubriendo el acumulador con una malla sombreadora (raschel) u otro elemento.

### Cosecha de aguas lluvia

Otra manera de acumular agua para enfrentar la época de escasez es realizar las llamadas “cosechas de lluvia” que consisten en almacenar el agua lluvia que cae sobre los techos de las construcciones ubicadas en los predios. Para esto se debe instalar una serie de “canaletas” que recogerán el agua que escurre por los techos y la conducirán hasta algún estanque acumulador que puede ser desde tambores plásticos hasta guateros de polietileno, pasando por estanques de plástico de diferentes capacidades. Por lo general las canaletas están fabricadas en PVC que es menos contaminante y más fácil de instalar que las canaletas de hojalata.

¿Cómo se puede determinar cuánta agua de lluvia se puede almacenar?

Es posible determinar cuánta agua de lluvia puedo cosechar conociendo cuanta superficie se tiene disponible para captar agua, con su correspondiente red de canaletas conductoras. Las superficies captadoras son los techos de las construcciones y para conocer cuantos metros cuadrados pueden captar agua, basta multiplicar el ancho por el largo. Un ejemplo para el cálculo se ve en la siguiente tabla:



Figura 22. Cosecha de aguas lluvias.

Tabla 20. Agua que se puede cosechar según superficie disponible.

Infraestructura	Largo techo (m)	Ancho techo (m)	Área captadora (m <sup>2</sup> )
Galpón	9	4	36
Casa	10	5	50
Cocina	5	4	20
Bodega	6	3	18
<b>Total</b>			<b>124</b>

La superficie de intercepción de agua es de casi 124 m<sup>2</sup>. Es decir, el agua que cae en esa superficie puede ser almacenada en algún estanque.

¿Cuántos litros de agua se pueden almacenar?

Para saber eso debemos conocer cuanta lluvia cae en el sector. Esta información aproximada la podemos obtener de los informadores meteorológicos, de la prensa escrita, televisión, internet o de manera exacta, instalando en el predio un sencillo instrumento llamado pluviómetro.

El agua de lluvia es medida en milímetros (mm) y cuando se habla que llovió 1 mm significa que llovió 1 litro por cada metro cuadrado de superficie interceptora. Es decir, si tomamos el valor de superficie interceptora del ejemplo anterior (124 m<sup>2</sup>) y la lluvia caída fue de 10 mm, quiere decir que los techos del predio pueden recoger aproximadamente 1.240 litros de agua lluvia para ser almacenados. Este valor no es el real puesto que se deben considerar algunas pérdidas que se han estimado en 15 %. Es decir, el 85 % del agua caída se puede almacenar. Por lo tanto, el valor real a almacenar es de:

$$V = 1.240 \times 0,85 = 1.054 \text{ litros}$$

Para obtener el posible valor de agua a cosechar en cada comuna, podemos acudir a registros históricos de precipitación, los que se entregan en la siguiente tabla. Si bien se muestra sólo en las comunas beneficiadas por el programa, disponiendo de la precipitación anual en cualquier comuna, de la misma manera, se obtiene el volumen a embalsar.

Tabla 21. Volumen a envasar según comuna.

Comuna	mm/año precipitación	Volumen a embalsar en 100 m <sup>2</sup> (litros)
NUEVA IMPERIAL	700	59.500
PADRE LAS CASAS	890	75.650
ERCILLA	1.000	85.000
RÍO BUENO	1.510	128.350
LA UNIÓN	1.470	124.950
SAN JOSÉ DE LA MARIQUINA	1.230	104.550
SAN PABLO	1.340	113.900
SAN JUAN DE LA COSTA	1.030	87.550
MAULLIN	1.280	108.800

Para conocer cuanta superficie podemos regar con el agua acumulada debemos estimar los requerimientos hídricos de las plantas a regar. Estos son diferentes entre especies y entre zonas geográficas, pero como una forma de facilitar el cálculo se puede señalar que una planta consume aproximadamente por día, 5 litros de agua por cada metro cuadrado que ocupa. Es decir, si tenemos 100 m<sup>2</sup> de cultivos, las plantas están

consumiendo diariamente 500 litros de agua.

Si consideramos la precipitación de las comunas señaladas en la tabla anterior y el consumo de una planta durante 4 meses de riego, la superficie que se podría regar se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 22. Superficie a regar según comuna.

Comuna	Superficie a regar (m <sup>2</sup> )
NUEVA IMPERIAL	98
PADRE LAS CASAS	125
ERCILLA	140
RÍO BUENO	212
LA UNIÓN	207
SAN JOSÉ DE LA MARIQUINA	173
SAN PABLO	188
SAN JUAN DE LA COSTA	145
MAULLIN	180

## Tecnologías de aplicación del agua de riego

Es frecuente que a nivel predial se consideren dos medidas de acción o adaptación que buscan disminuir los efectos negativos del cambio climático en el estado hídrico de los cultivos. El primero es el aumento de la eficiencia del riego (más producción por milímetro de agua de riego aplicada) mediante el uso de sistemas tecnificados, y una segunda estrategia de mitigación considera aspectos de optimización del manejo del agua.

### Tecnificación de Riego y Aumento de la Eficiencia de

#### Aplicación

El cambio de métodos de riego gravitacional (ej. riego por surcos o riego tendido) a sistemas modernos presurizados, por ejemplo, sistemas de microrriego (goteo o microaspersión) y sistemas por aspersión ofrecen una atractiva oportunidad para reducir la demanda de agua en riego, pero a un costo importante de inversión y de operación. Normalmente los

costos de inversión son bonificados a través de programas de fomento, sin embargo, el aumento en la eficiencia de aplicación trae como consecuencia un aumento en los costos de operación, normalmente asociados a la energía requerida por los sistemas de bombeo. Esta situación, sobre todo en la pequeña agricultura, disminuye el éxito de los programas de tecnificación que no prevén estas consecuencias, aquí sistemas de bombeo que utilicen el uso energías renovables (ej. Fotovoltaica, eólica) ofrecen una alternativa de solución.

Otra alternativa, es considerar la tecnificación de los métodos de riego superficiales mediante mejoras en los sistemas de aducción, como por ejemplo el Riego californiano o últimamente la automatización de sistemas de riego superficial (Figura 23). Sin embargo, para poder lograr el aumento esperado en la eficiencia del riego el predio debe tener una pendiente adecuada al método y normalmente es recomendable realizar una nivelación de suelos.

**Manejo, Control y Programación del riego.** Una práctica común para enfrentar periodos futuros de escasez hídrica en los

cultivos, en la temporada agrícola, es utilizar tempranamente la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Normalmente, se aprovecha la mayor disponibilidad de agua que existe temprano en la temporada agrícola para rellenar la capacidad de almacenamiento de agua que existe en el perfil del suelo. Esta agua finalmente será utilizada en etapas futuras del crecimiento de los cultivos.

Otra estrategia común de riego de los productores de frutas es ajustar los tiempos y la cantidad de agua de riego con la finalidad de lograr una mayor productividad y una mejor calidad de los cultivos. Esto requiere diferentes estrategias de riego durante diferentes etapas fenológicas. Este manejo diferenciado del riego debería adaptarse y ser específico para cada cultivo, además del clima. Antes de la cosecha debe controlarse la humedad de tal manera que permita llegar a cosecha con una adecuada condición en el terreno que no afecte dichas labores. Finalmente, después de la cosecha, las reposiciones de agua pueden reducirse a un nivel mínimo requerido para la supervivencia de la planta.



Figura 23. Compuerta eléctrica en sistema de riego superficial automático.

Otra alternativa que cada vez es más popular es conocida como riego deficitario; o más específicamente, aplicar cantidades de riego por debajo de los requerimientos de agua del cultivo (evapotranspiración). Esto tiene como objetivo obtener la máxima producción por unidad de agua consumida. La productividad del agua aumenta bajo riego deficitario, pero la aplicación de esta técnica requiere un control más preciso de la humedad del suelo y de la determinación de las demandas de agua del cultivo.

Es posible concluir que medidas de adaptación al cambio climático relacionadas con las tecnologías de aplicación del agua de riego, de corto plazo, debieran considerar: tecnificación del riego no sólo mediante la tecnificación de los sistemas de microrriego, sino que también mediante la tecnificación de los métodos de riego superficiales, especialmente se debe considerar los costos operacionales de dichos sistemas sobre todo en la pequeña agricultura. Existen diferentes estrategias que buscan mantener una adecuada condición del estado hídrico de los cultivos, sin embargo, estas estrategias deben ser parte y acompañadas por programas de capacitación y extensión tanto para productores como para profesionales de los equipos asesores.

Con el fin de aminorar los costos de bombeo para sistemas presurizados de riego, la energía fotovoltaica se presenta como una buena alternativa para la pequeña agricultura, teniendo acceso a programas de financiamiento. Actualmente, además del cambio climático la humanidad está preocupada de la contaminación del medio ambiente y en general, la de nuestro planeta. Uno de los grandes contaminantes y también uno de los mayores responsables del cambio climático es el uso indiscriminado de combustibles fósiles como es el petróleo y sus derivados. Para disminuir los efectos de este problema es necesario usar otro tipo de fuentes no contaminantes de energía y una de las más limpias y de menor costo es el uso de la energía solar.

La energía lumínica entregada por el sol es posible transformarla en energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Estas estructuras en conjunto con otros accesorios llamados inversores y cajas reguladoras, hacen posible que la energía solar pueda hacer funcionar equipos eléctricos como motobombas o alimenten una casa habitación para que puedan operar refrigeradores, televisores, iluminación, etc.

La gran ventaja de la energía fotovoltaica es que puede complementar el abastecimiento eléctrico normal de una casa, cuyo suministro provenga de cualquier empresa distribuidora de energía. Esto significa que el costo a pagar mensualmente por la operación de la bomba de riego y por los artefactos eléctricos de la casa, sea muy bajo y en algunos meses puede ser cero.



Figura 24. Panel fotovoltaico.

Existen diversas modalidades de uso de la energía fotovoltaica con fines de riego. A continuación, se explicará cada uno de ellos.

a. Bombeo fotovoltaico: Consiste en la extracción y elevación de agua desde un pozo u otra fuente hasta un estanque ubicado en altura, por medio de una bomba accionada directamente por paneles fotovoltaicos. El tiempo destinado para efectuar la elevación del agua estará en directa relación con las horas de sol existentes durante el día. La energía requerida para el funcionamiento del equipo de riego será proporcionada por la diferencia de nivel entre el estanque de acumulación y la superficie a regar.

b. Sistemas solares off grid: Consiste en un arreglo de paneles fotovoltaicos conectados directamente a una electrobomba para riego y durante el tiempo en que no se está gastando la energía eléctrica producida por los paneles, ésta se estará acumulando en un set de baterías, las que pueden prolongar en algunas horas el tiempo de riego diario.

## Producir bajo condiciones controladas de clima

**Invernaderos:** El uso más común de un invernadero es para la producción de cultivos hortícolas, es decir, plantas herbáceas, hortalizas de hoja, raíz, tubérculo o fruto. Esto es debido a que la producción bajo condiciones ambientales controladas contribuye a aumentar la producción de los cultivos.



Figura 25. Sistema solar off grid.

c. Sistemas solares on grid: Consiste en conectar el arreglo fotovoltaico al equipo de riego y a la casa habitación generalmente, para que la energía utilizada por los equipos eléctricos ubicados en ella sea proporcionada por el sistema fotovoltaico. Esta modalidad también permite que la energía eléctrica generada durante las horas del día en que no sea consumida por ningún artefacto domiciliario o de riego, sea inyectada al sistema de abastecimiento normal de energía eléctrica, es decir, pueda ser vendida a la empresa distribuidora. Con esto, es posible que además de tener un importante ahorro en el gasto de electricidad, se pueda tener un ingreso adicional por el concepto de aporte de energía eléctrica.

Es necesario señalar que la implementación de alguno de los sistemas fotovoltaicos, tiene un costo elevado, pero puede ser amortizado con el ahorro producido en el consumo de energía. Como ejemplo, un sistema fotovoltaico que genere 1.500 watt de potencia eléctrica, suficiente para hacer funcionar una electrobomba de 1 HP aproximadamente y los equipos eléctricos normales que existen en el hogar, tiene un costo aproximado de \$ 2.600.000.



Figura 26. Invernadero.

También se utilizan mucho para la producción de plantas de todo tipo de cultivos hortícolas en semilleros, ya que las condiciones ambientales para la germinación deben de estar controladas y garantizadas en un rango de valores que depende de cada especie.

Los objetivos principales del cultivo en invernaderos son:

- Obtener producciones fuera de época, en circunstancias climáticas en las cuales el cultivo al aire libre no sería posible. Lo más frecuente es pretender precocidad de ciertas especies hortícolas (por ejemplo, tomate), aunque también puede interesar la producción tardía (por lo común, hortalizas de hoja).
- Incrementar los niveles productivos, cosa que es posible como consecuencia directa de la intensidad de los cuidados y las mejores condiciones del medio físico. Indirectamente, la rentabilidad aumenta debido a mejores condiciones de mercado para vender la mercadería (mejores precios).

• Mejorar la calidad comercial de las cosechas producidas, con una mayor seguridad de cosecha debido fundamentalmente a la protección que ejercen los invernaderos sobre ciertos fenómenos climáticos, como por ejemplo sequías, heladas, vientos, lluvias, etc.

Todos los cultivos se caracterizan por sus requerimientos particulares que deben tomarse en cuenta cuando se plantea la producción bajo cubierta. Para esto, el productor debe tener en cuenta que tendrá que incorporar tecnología no tradicional y adecuar esa tecnología a condiciones climáticas locales (bajas temperaturas, viento, radiación, etc.). Las tecnologías disponibles tienen relación a la estructura, control del clima (calefacción, ventilación, humedad relativa), riego, fertilización, laboreo (preparación de suelo, siembra y cosecha) y manejo agronómico (control de plagas y enfermedades, sistemas de conducción, sustratos, hidroponía, etc.).

Las dimensiones y forma del invernadero determinan el microclima que se genera en el interior. Al momento de proyectar su construcción, las siguientes características básicas deben considerarse: ubicación (asegurar buena exposición al sol, disponibilidad de agua, terreno plano, evitar sombreado, protegido del viento), orientación (captación de luz), estructura y diseño (reducir pérdidas de calor en invierno, favorecer ventilación en verano, calefacción activa y pasiva, entre otros).

Para determinar cuándo y cuánto regar, se debe conocer algunos parámetros del suelo y condiciones ambientales. El conocimiento acabado del suelo, implica saber cuánta agua es capaz de almacenar, y por ende cuánta agua hay que reponer en la zona radicular, según etapa fenológica del cultivo. Existen métodos sencillos para determinar responder a estas preguntas:

• **Técnica de balance de agua:** se debe considerar el criterio de riego (CR) que, en general, se utiliza el 0,5 (lo que implica que se ha utilizado el 50% del agua en el suelo por lo que es momento de la reposición), asignándose valores de 0,3 (o 30%) para cultivos sensibles y 0,6 para cultivos que soportan de mejor manera el estrés hídrico. Además, se considera la profundidad radicular, según especie y estado fenológico para determinar la humedad aprovechable (HA). Así, la humedad aprovechable es la cantidad de agua que puede almacenar el suelo (desde punto de marchitez permanente a capacidad de campo) donde se desarrollan las raíces. Por último, se debe conocer la cantidad

de agua que el cultivo y el ambiente extraen desde el suelo (ETc).

• **Indicadores de suelo:** consiste en determinar, con métodos sencillos, el contenido de humedad del suelo para compararlo con un valor predeterminado mínimo, regando cuando se alcance dicho valor. La medición puede ser visual (aparición del suelo y tacto), gravimétrica (peso de suelo húmedo versus peso suelo seco), instrumental (resistencia eléctrica, tensiómetro o midiendo propiedades dieléctricas del suelo).

Tabla 23. Coeficientes de riego y profundidad radical efectiva para distintos cultivos.

Cultivo	CR	Profundidad radical efectiva (cm)
Ají	0,5	60
Ajo	0,5	60
Alcachofa	0,5	100
Alfalfa	0,65	180
Arveja	0,5	60
Brócoli	0,5	60
Cebolla	0,5	60
Coliflor	0,65	60
Damascos	0,65	180
Duraznos	0,65	180
Espárragos	0,5	180
Empastadas	0,65	60
Frejol	0,5	90
Frutilla	0,5	60
Habas	0,6	80
Lechuga	0,4	60
Maíz	0,65	120
Manzanos	0,65	180
Melón	0,5	90
Menta	0,35	60
Papas	0,3	60

Cultivo	CR	Profundidad radical efectiva (cm)
Perales y Ciruelos	0,65	180
Pimiento	0,5	60
Repollo	0,5	60
Sandia	0,5	120
Trigo invierno	0,65	100
Trigo primavera	0,65	90
Vid	0,65	180

• **Indicadores de la planta:** Dependiendo del cultivo, se pueden determinar algunos parámetros en los cultivos que indiquen cuándo es necesario regar. Se debe conocer muy bien el cultivo para evitar que, al manifestarse ciertos indicadores, puede ser tarde y causar daño o mermas en la producción.

**Mallas anti áfidos:** se utilizan como barrera para insectos que puedan ser perjudiciales para los cultivos. Tienen un fino entramado que evita el ingreso de insectos como áfidos, pulgones, piojo de plantas, etc. que pueden acarrear virus nocivos para los cultivos. Las mallas protegen los cultivos sin afectar la ventilación y pueden usarse tanto en invernaderos como a campo abierto. Su principal ventaja es la reducción en aplicación de productos químicos (insecticidas o pesticidas). El mercado espera frutas y hortalizas producidos en forma más natural o reducidos en agroquímicos, por lo que está dispuesto a pagar precios más altos. Son de HDPE y tienen protección contra los rayos UV provenientes de la radiación solar, lo que aumenta su vida útil. Este método de control es preventivo (resuelve el problema antes que ocurra).

**Mallas sombreadoras:** La malla sombra fue diseñada especialmente para controlar la cantidad de luz en los cultivos, sin embargo, bien colocada, no solamente ofrece sombra sino también puede proteger contra cierto tipo de insectos, lluvia, viento, polvo, granizo, etc. Así mismo, reduce el consumo de agua y baja la temperatura, todo a favor de una agricultura protegida que reduce los riesgos de la cosecha. La aplicación normal de la malla sombra no es solamente reducir la luz, sino evitar los cambios bruscos de temperatura del día y la noche y controlar



Figura 27. Malla anti áfidos.

el exceso de la misma, además de evitar daños causados por la radiación sin modificar la parte visible o útil para la fotosíntesis. Son de polietileno y pueden ser tejidas con microfilamentos o anudadas (Rachel), teniendo la primera mayor vida útil y están disponibles con distinto porcentaje de sombreado (35, 50, 60, 65, 70 u 80%).



Figura 28. Malla sombreadora.

**Cobertores:** Producto del cambio climático experimentado en las últimas décadas, ha aumentado el riesgo en la producción frutal de las especies más susceptibles a eventos climáticos, como

son cerezas, uva de mesa, manzanas y arándanos. Considerando este nuevo escenario y el desplazamiento de la agricultura hacia el sur, se han desarrollado distintas alternativas que permitan proteger la producción frutal y asegurar su rentabilidad. Existen los macro túneles que, entre las principales características del uso en arándanos, destaca la protección de heladas y lluvias, así como el adelantamiento en la fecha de cosecha, permitiendo a los productores acceder a atractivas ventanas comerciales. Se ha visto un aumento en el rendimiento en uva de mesa con el uso de estas tecnologías.



Figura 29. Micro túnel (cobertores).

Mulch: es una técnica empleada para proteger los cultivos y el suelo, de la acción de los agentes atmosféricos los cuales reducen la calidad de los frutos, resecan el suelo, enfrían la tierra y arrastran los fertilizantes. El plástico denominado polietileno para acolchado o mulch, con el cual se cubren las camas como capa protectora que actúa como barrera de separación entre el suelo y el ambiente para amortiguar los efectos negativos. Las camas cubiertas de polietileno ofrecen, además, otras ventajas: la opacidad a la luz solar, que impide el desarrollo de malezas y la absorción de calor durante el día y su posterior restitución durante la noche, convirtiéndose así en un excelente medio de defensa contra las bajas temperaturas nocturnas, contribuyendo notablemente en la aceleración del proceso fotosintético, que redundará en precocidad e incremento de los rendimientos. Además, mantiene la humedad del suelo conservando su estructura, reducción de áfidos en general,

reducción de labores de control de malezas (aplicación de herbicidas e insecticidas), precocidad de la cosecha, protección de los frutos, evita la erosión y el endurecimiento de la tierra. Tiene una relación costo beneficio muy buena. Se han utilizado siempre los plásticos negros, pero de reciente desarrollo son los polietilenos plata, plata/negro y blanco/negro, que además de bloquear el paso de luz producen también reflexión, con lo cual aportan luz al reverso de las hojas, estimulando la fotosíntesis y por lo tanto la precocidad y el tamaño de los frutos. La nueva generación de polietilenos para mulch, son las coextrusiones con una cara plata o blanco y una cara negra, precisamente para que la cara negra haga barrera a la luz e impida el desarrollo de la vegetación espontánea. La temperatura y humedad del suelo se ven incrementadas debido a la cobertura de polietileno, que favorece la nitrificación y -por tanto- la absorción del nitrógeno. Adicionalmente, al estar protegido el terreno, las lluvias no lavan el suelo; los fertilizantes no son arrastrados a profundidades donde no puedan llegar las raíces y se eliminan casi por completo las pérdidas de nitrógeno por lavado. La utilización de polietilenos con caras plata o blanco hacia el sol, tiene gran influencia contra la presencia de mosca blanca y otros áfidos. En estudios realizados con distintos tipos de mulch, se ha comprobado que la reducción de áfidos con acolchado plata es del 81,4% y con el acolchado blanco/negro del 76,1%. El suelo acolchado tiene una estructura adecuada para el desarrollo de las raíces. Estas se hacen más abundantes y más largas en forma horizontal, debido a que la planta localiza la humedad suficiente a poca profundidad. El incremento de raicillas estimula a la planta para efectuar mayor succión de agua, sales minerales y demás fertilizantes, lo que produce mayores rendimientos. El evitar la evaporación reduce los costos de agua y evita la consiguiente pérdida simultánea de fertilizantes. Hay interrelación entre los factores que benefician la producción empleando cobertura de suelos o mulch, ya que parte de la reducción del consumo de agua y fertilizantes se debe también al hecho de que se bloquea el desarrollo de malezas que consumen estos elementos.



Figura 30. A) Mulch en hortalizas y B) distintos tipos de mulch.

## Establecimiento de especies y porta injertos resistentes a la sequía

La producción agrícola, en general, y la hortícola, en particular, enfrenta desafíos en la zona sur, como las variaciones de clima y suelo, además de una demanda creciente por productos de mayor calidad. Esto estimula la búsqueda, evaluación e implementación de nuevas tecnologías productivas, las que

además de mejorar producción y calidad, deben ser sostenibles.

La elección de la especie a establecer en un huerto debe realizarse teniendo en cuenta estos cambios y percibiendo los cambios como oportunidad. La disminución de las lluvias trae consigo no sólo menor disponibilidad hídrica (ya sea de cauces superficiales como aguas subterráneas por el menor nivel de recarga de acuíferos), sino que también altera las condiciones del suelo. En el norte y centro del país existen problemas de salinidad en suelos ya que las precipitaciones son muy bajas para “lavar” las sales, por lo tanto, éstas se acumulan en el tiempo. El problema es menor desde Santiago al sur, aun cuando con las condiciones climáticas futuras, se prevé que esta situación avance hacia el sur. Es importante considerar la poca tolerancia a la salinidad de ciertas especies que se cultivan en el sur como arándanos, frutillas, cebolla y lechuga para evaluar si pudieran verse afectadas con las nuevas condiciones, aunque es muy poco probable de Araucanía al sur.

El uso de plantas injertadas en cultivos constituye una alternativa. Los injertos se han utilizado hace un tiempo mayormente en frutales, pero en cultivos herbáceos también es una alternativa.

En la actualidad, se cultivan plantas injertadas en especies de las familias Solanaceae (tomate, pimiento, ají, berenjena) y Cucurbitaceae (sandía, melón, pepino), especialmente para la obtención de resistencia o tolerancia a condiciones de estrés biótico (enfermedades y nemátodos) y abiótico (salinidad, bajas temperaturas, sequía). El aumento de vigor y productividad en plantas injertadas es otra de las ventajas observadas. Sin embargo, también existen limitaciones o desventajas en el uso de injertos como, por ejemplo, el mayor costo de las plantas, incompatibilidad entre patrón e injerto, y efectos negativos sobre la calidad de los frutos. Por esto, el uso de la tecnología requiere ser evaluada en cada condición productiva.

La sandía, por ejemplo, es la especie cucurbitácea en que más se ha masificado el cultivo de plantas injertadas para resistir el ataque de hongos del suelo.

La práctica de injertación consiste en juntar dos plantas de manera que sus tejidos vasculares logren formar una unión funcional y, así, ambas pasen a comportarse como una sola. Lo habitual es juntar el sistema radical de una planta (porta injerto

o patrón) con la parte aérea (tallo y hojas) de otra (injerto). El patrón se selecciona por las propiedades de sus raíces como, por ejemplo, vigor o resistencia a condiciones de estrés biótico (enfermedades del suelo) y/o abiótico (salinidad, sequía, temperatura). El injerto es el que aporta con el desarrollo de follaje, flores y frutos, por lo que comúnmente se eligen variedades de valor comercial por su rendimiento y calidad de producto a cosechar. Así, la planta injertada pasa a tener propiedades únicas, diferentes a las del patrón o injerto por sí solo.

## Establecimiento de un nuevo patrón de cultivo y los nuevos requerimientos hídricos

El efecto del cambio climático en la agricultura está relacionado principalmente con la variación de temperatura (aumento o disminución) y la precipitación (en cantidad, oportunidad

y distribución). En el largo plazo el cambio climático podría afectar a la agricultura de diferentes formas, entre ellas la productividad, en términos de cantidad y calidad de los cultivos; efectos en el medio ambiente; en el espacio rural, por medio de la ganancia o pérdida de terrenos cultivados; y la adaptación de organismos que podrían ser más o menos competitivos (plagas, enfermedades, etc).

Un ejemplo del impacto del cambio climático en la agricultura familiar campesina es el desplazamiento de las zonas de producción de diferentes cultivos.

**Trigo.** Bajo riego el aumento de las temperaturas aceleraría el ciclo productivo y una reducción del rendimiento, el mayor impacto sería en las zonas costeras que en zonas de interior. En secano, disminución de entre un 10 a un 20% en el rendimiento en el norte y centro del país debido al aumento en la sequía. En tanto en la precordillera del Biobío al sur habría un aumento gradual entre el 30 al 100% en los rendimientos actuales.



Figura 31. Cultivo de trigo.

**Papa.** La zona norte presentaría una reducción de entre un 10 al 20% del rendimiento. Zona centro norte el rendimiento disminuiría hasta un 30%. Desde la región de la Araucanía al sur los rendimientos aumentan hasta llegar a 150 a 200% en la región de los Lagos.



Figura 32. Cultivo de papa.

**Remolacha (bajo riego).** En la costa y precordillera de la zona centro habría una reducción en el rendimiento. Sin embargo, desde la región de la Araucanía al sur el aumento térmico invernal incrementaría el potencial productivo, incluso con menor pluviometría.



Figura 34. Cultivo de remolacha.

**Poroto.** Zona norte y centro se espera que el rendimiento se mantenga bajo la condición de clima del futuro. De la región de la Araucanía al sur, aumentaría la productividad entre un 10 y 20%, llegando al 100% en la región de los Lagos.



Figura 33. Cultivo de poroto.

**Frutales.** Extensión del área de cultivo hacia el sur, abarcando las regiones de la Araucanía, los Ríos y los Lagos. Aceleración de la fenología de los cultivos, reducción del tiempo de desarrollo, y aumento de la precocidad de la madurez. Probable aumento en la incidencia de plagas y enfermedades dado por el aumento de las temperaturas.

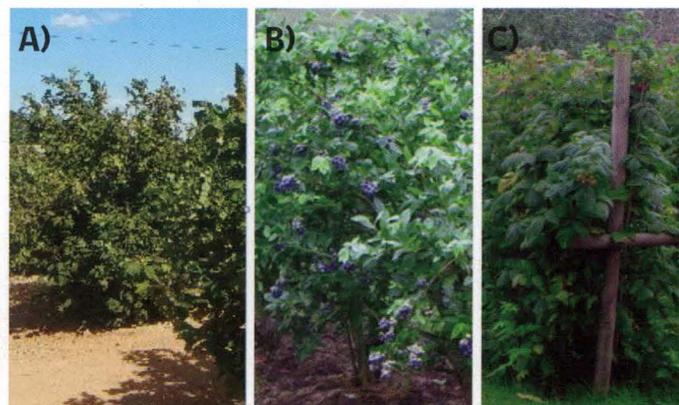


Figura 35. (A) Avellano europeo, (B) Arándano y (C) Frambuesa.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Fotografía: Franco Oteiza.

En las regiones analizadas existe un gran desafío por delante en materia de infraestructura de riego, tecnologías y capacitación para poder enfrentar y mitigar los efectos del cambio climático. Disponibilidad de agua subterráneas (pozos de mala calidad) y superficiales poco confiables y, en muchos casos, discontinuos durante la temporada de riego y no regularizadas dificultan el desarrollo de proyectos de riego. El cambio climático, a pesar de las adversidades que pueda presentarnos, puede ser también una oportunidad para fortalecer a las organizaciones de regantes, a las comunidades y sistemas sociales que dependen de la agricultura, para generar una nueva ruralidad hídricamente eficiente. El manejo local del agua, acumulación durante períodos de excedencia, control de evaporación y agua en el suelo, tecnificación del riego, elección y manejo de cultivos y prácticas agronómicas adecuadas son medidas descritas en este manual para enfrentar los nuevos desafíos climáticos en la zona sur. Es importante recalcar que, si bien el Cambio Climático presenta desafíos importantes, adoptando medidas de gestión y agronómicas puede ofrecer oportunidades de aumentar los ingresos, abriendo la posibilidad de incorporar otros cultivos. Los cultivos que comúnmente desarrollan los pequeños agricultores en el sur, son consecuencia de prácticas de alimentación y supervivencia antiguas que han sido adoptadas por años basadas, principalmente en las condiciones climáticas existentes. Por lo tanto, cambios notorios y en el corto plazo en el clima requieren de una adaptación rápida

que deben ir de la mano con culturas tradicionales también. Otro aspecto importante de la pequeña agricultura es que se caracteriza por ser desarrollada por una población de edad por sobre la media y las iniciativas de innovación y cambio son, por lo general, aptitudes de la población más joven.

Durante la ejecución del programa de capacitación y transferencia tecnológica, Zona Sur, si bien se observó la conservación de prácticas ancestrales, también existe el interés por adoptar técnicas nuevas de riego y agronómicas ya que los agricultores han observado y han sido testigos presenciales de los efectos que ha tenido el Cambio Climático en su producción local. Es importante destacar la buena participación de mujeres en el programa, quienes han sido protagonistas en la incorporación de nuevos cultivos como frutales menores (frutillas, frambuesas) y, por tanto, nuevas prácticas de riego.

La capacitación y transferencia de tecnologías amplía las habilidades y oportunidades de los pequeños productores agrícolas, campesinos y sus familias para mejorar sus sistemas productivos, actividades y desarrollar emprendimientos económicos, contribuyendo a aumentar sus ingresos y calidad de vida. La zona sur no ha sido capaz de expresar su real potencial productivo debido a que se requiere, por una parte, una mayor implementación de obras de riego tecnificado, y por otra, generación de competencias técnicas/humanas para enfrentar los desafíos de uso eficiente del recurso.



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

