



CHILE LO  
HACEMOS  
TODOS

yo  
cuido  
el agua

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



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

## EQUIPO DE TRABAJO

### **Julio Haberland Arellano**

Ing. Agrónomo, Universidad de Chile  
Doctorado en Filosofía en Agricultural  
and Biosystems Engineering, University of Arizona

### **Oscar Seguel Seguel**

Ing. Agrónomo, Universidad de Chile  
Doctorado en Ciencias Agrarias,  
Universidad Austral de Chile

### **Alejandra Mora Vallejo**

Ing. Agrónomo, Universidad de Chile  
Magister en Evaluación de Tierras, Wageningen University  
Doctorado en Filosofía en Tradeoff Analysis,  
Wageningen University

### **Rodrigo Gálvez Pavez**

Ing. Agrónomo, Universidad de Chile  
Magister en Ciencias Agropecuarias,  
Universidad de Chile

### **Yélica Rudolffi Rojas**

Ing. Agrónomo, Universidad de Chile  
Magister en International Land and Water Management,  
Wageningen University

### **Mariela Herrera Cañete**

Ing. Agrónomo, Universidad de Chile

### **Marcela Burgos Robles**

Ing. Agrónomo, Universidad de La Serena

### **Nicole Alvear Cid**

Ing. Agrónomo (e), Universidad de Chile  
Magister en Manejo de Suelos y Aguas (e),  
Universidad de Chile

### **Supervisor del programa**

#### **Manuel Silva G.**

Profesional División de Estudios, Desarrollo y Políticas  
Comisión Nacional de Riego

#### **Roberto Fuentes L.**

Profesional División de Estudios, Desarrollo y Políticas  
Comisión Nacional de Riego

#### **Cristian Navarrete G.**

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 desarrollado por El Grupo de Estudios del Agua GEA de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	5
Como usar este manual .....	6
<b>1. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA EN EL NORTE DE CHILE .....</b>	<b>11</b>
¿Qué es el Cambio Climático? .....	11
Respuestas al Cambio Climático: Adaptación y Mitigación .....	12
La pequeña agricultura en la zona norte .....	13
¿Cómo afecta el Cambio Climático a la agricultura de la zona norte? .....	16
<b>2. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELOS .....</b>	<b>21</b>
¿Qué es el potencial productivo del suelo? .....	23
Adaptación 1 - Prácticas para evitar la erosión de los suelos .....	24
Adaptación 2 - Conservar el agua en el perfil .....	25
<b>3. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: MANEJO Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA .....</b>	<b>26</b>
Programación de riego .....	27
Adaptación 1 - Mejoramiento del Riego .....	32
Adaptación 2 - Organización comunitaria .....	40
<b>4. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>42</b>
Adaptación 1- Planificación predial .....	43
Adaptación 2- Uso de especies de bajo requerimiento hídrico o tolerantes a la sequía .....	46
Adaptación 3- Disminuir la dependencia del clima .....	52
Adaptación 4 - Manejo Integrado de Plagas .....	59
<b>5. ¿QUÉ HACER FRENTE A LAS EMERGENCIAS? .....</b>	<b>60</b>
<b>6. MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>

## INTRODUCCIÓN

El presente manual de Adaptación al Cambio Climático se ha desarrollado sobre la base del trabajo realizado en la zona norte de Chile, comprendida entre el sur de la Región de Atacama y el norte de la Región de Valparaíso. Esta zona del país es especialmente sensible a los cambios que ha experimentado el clima en las últimas décadas, debido a que la disponibilidad de agua es crítica para la producción agrícola y sin este recurso es imposible la existencia de la actividad. Si bien la baja disponibilidad hídrica en la zona es una realidad preexistente, en los últimos años se ha intensificado la incertidumbre productiva dados los evidentes cambios climáticos que los agricultores perciben con mayor rigor año tras año. Se han observado cambios en las temperaturas que pueden ser más cálidas o más frías pero con carácter más extremo. Producto de lo anterior los cultivos producen menos o, simplemente, no producen porque son afectados por fenómenos como heladas o sequías. Es así que en este manual se presentan y se discuten diversas estrategias que permiten adaptarse de mejor forma al Cambio Climático.

El **cambio climático** es un fenómeno que ocurre a nivel global. Las proyecciones globales y locales indican que sus efectos seguirán impactando a los agricultores en

el futuro. Siendo Chile un país en que la agricultura juega un rol socio-cultural y económico muy importante es que se deben poner en acción estrategias que permitan la sustentabilidad de esta actividad en el tiempo, permitiendo así la permanencia de los agricultores en zonas cada vez más inhóspitas, como es la zona norte, tomando en cuenta que se trata principalmente de pequeños agricultores o de agricultura familiar campesina (Imagen 1).

En la zona norte de Chile el cambio climático se percibe mayormente por un **aumento de la temperatura, menores precipitaciones** y la ocurrencia de eventos meteorológicos que antes eran menos frecuentes, tales como **sequías, heladas, aluviones y olas de calor**. Es así que este manual se ha elaborado para apoyar a los profesionales dedicados a la extensión agrícola de la zona, entregando herramientas básicas para los pequeños productores agrícolas, que les permitan enfrentar el cambio climático con estrategias de **adaptación**.

Este manual es producto del Programa de Capacitación y Transferencia Tecnológica en Adaptación al Cambio Climático para Áreas Vulnerables de la Pequeña Agricultura en Riego en la Zona Norte, ejecutado por la Comisión Nacional del Riego (CNR) a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.



Imagen 1: Cultivo de hortalizas, comuna de Monte Patria  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## CÓMO USAR ESTE MANUAL

Este manual contiene una breve introducción al cambio climático, los problemas asociados a éste y de qué manera pueden afectar al sector agrícola de la zona norte (Capítulo 1). Cada problema y sus impactos están vinculados a tecnologías o estrategias de adaptación, las que se encuentran descritas en la segunda parte del manual (Capítulos 2-5). El documento también se refiere brevemente a posibles medidas de mitigación (Capítulo 6) y por último entrega algunas recomendaciones para dirigir el proceso de adaptación a nivel predial e institucional (Capítulo 7).

La siguiente tabla (Tabla 1) es un resumen de cómo se percibe el cambio climático y qué efectos podrían tener estos cambios sobre la pequeña agricultura. Para cada efecto se sugieren posibles soluciones o estrategias de adaptación y se encuentra la referencia de página en que este tema es tratado en el manual.



Cómo usar este manual

¿Cómo percibimos el cambio climático?	¿Qué efectos podrían tener estos cambios en la agricultura?	¿Cómo podemos adaptarnos? (soluciones posibles)
<p style="text-align: center;"> </p> <p style="text-align: center;">AUMENTO DE LA TEMPERATURA</p>	<p>1. Cambio en la manifestación y duración de las estaciones, afectando los ciclos productivos de los cultivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planificar anualmente la producción predial basada en las predicciones meteorológicas disponibles (pág. 43)</li> <li>➤ Disminuir la dependencia del clima con el uso de mallas, invernaderos, etc. (pág. 52)</li> <li>➤ Incorporar nuevas variedades y especies (pág. 46)</li> <li>➤ Mejorar el uso de la información meteorológica</li> </ul>
	<p>2. Aparición de nuevas plagas y enfermedades para la zona</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Capacitar en Manejo Integrado de Plagas (MIP) (pág. 58)</li> <li>➤ Proteger los cultivos con el uso de mallas (antiáfidos) (pág. 52)</li> <li>➤ Promover el uso de nuevas especies y variedades (pág. 46)</li> <li>➤ Desarrollar planes de monitoreo para alertas tempranas de plagas y enfermedades</li> </ul>
	<p>3. Cambios en la zona agroclimática para los diferentes cultivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planificar anualmente la producción predial basada en las predicciones meteorológicas disponibles</li> <li>➤ Promover el uso de nuevas especies y variedades (pág. 46)</li> </ul>
	<p>4. Aumento de la evapotranspiración, lo que aumenta el requerimiento hídrico. Aumento de daños por golpe de sol</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mejorar los sistemas de riego y la capacitación relacionada (pág. 32)</li> <li>➤ Incorporar el uso de mallas para aumentar el sombramiento, proteger del viento, etc. (pág. 52)</li> <li>➤ Incorporar nuevas variedades y especies (pág. 46)</li> </ul>
	<p>5. Aridización de los suelos resultando en un aumento de la erosión producto de menor cobertura vegetal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promover el manejo de cobertura en el suelo y cultivo (mulch) (pág. 25)</li> <li>➤ Incorporar materia orgánica (compost) al suelo para mejorar su capacidad de retención de agua (pág. 23)</li> <li>➤ Favorecer la captura del recurso hídrico con estructuras como terrazas en contorno, pretilas de infiltración, etc.</li> </ul>
	<p>6. Pérdida de biodiversidad por desaparición de especies nativas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promover la plantación de árboles y arbustos nativos</li> <li>➤ Incorporar los conceptos del Manual Buenas Prácticas para la Biodiversidad</li> </ul>

Tabla 1: El cambio climático, sus efectos y posibles adaptaciones  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

¿Cómo percibimos el cambio climático?

¿Qué efectos podrían tener estos cambios en la agricultura?

¿Cómo podemos adaptarnos? (soluciones posibles)

 <p>ELEVACION DE LA ISOTERMA O POR SOBRE LA ALTURA NORMAL</p>	<p>1. La lluvia comienza a caer en partes más altas de la cordillera, pudiendo generar aluviones y arrastre de sedimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desarrollar sistemas de detección temprana de emergencias</li> <li>➤ Fomentar el ordenamiento territorial con delimitación de áreas de riesgo</li> <li>➤ Fortalecer las organizaciones civiles, específicamente las organizaciones de usuarios de aguas (OUAs) (pág. 40)</li> <li>➤ Planificar y fomentar la mantención de cauces naturales y artificiales.</li> <li>➤ Confeccionar y mantener registros/ catastros actualizados con inventario de obras</li> <li>➤ Elaborar Planes de Emergencia</li> </ul>
	<p>2. Retroceso de glaciares, menos acumulación de nieve en altura y disminución de reservas de agua, lo que afecta la seguridad de riego.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desarrollar planes de inversión en infraestructura que tienda a aumentar la seguridad de riego (embalses)</li> </ul>
 <p>CAMBIO EN LOS PATRONES DE LLUVIAS</p> <p>(precipitaciones erráticas, años lluviosos seguidos de sequías)</p>	<p>1. Incertidumbre del suministro hídrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mejorar los sistemas de riego y la capacitación relacionada (pág. 32)</li> <li>➤ Usar eficientemente el agua disponible mediante programación de riego (pág. 27)</li> <li>➤ Planificar anualmente la producción predial basada en las predicciones meteorológicas disponibles (pág. 43)</li> <li>➤ Incorporar materia orgánica (compost) al suelo para mejorar su capacidad de retención de agua.</li> <li>➤ Incorporar nuevas variedades y especies (pág. 46)</li> <li>➤ Invertir en sistemas de acumulación intra y extra predial</li> <li>➤ Fortalecer las organizaciones civiles, específicamente las organizaciones de usuarios de aguas (OUAs) (pág. 40)</li> <li>➤ Planificar y fomentar la mantención de cauces naturales y artificiales</li> <li>➤ Implementar Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) para monitoreo continuo</li> </ul>
	<p>2. Variación de fecha /oportunidad de siembra y manejo de los cultivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Planificar anualmente la producción predial basada en las predicciones meteorológicas disponibles (pág. 43)</li> <li>➤ Capacitar en Manejo Integrado de Plagas (MIP) (pág. 59)</li> <li>➤ Desarrollar planes de monitoreo para alertas tempranas de plagas y enfermedades</li> </ul>

¿Cómo percibimos el cambio climático?	¿Qué efectos podrían tener estos cambios en la agricultura?	¿Cómo podemos adaptarnos? (soluciones posibles)
<p><b>IV</b></p> <p><b>AUMENTO DE EVENTOS EXTREMOS</b></p> <p>(sequías, heladas, granizo, nieve, inundaciones, aluviones)</p>	<p><b>1.</b> Posible daño a los cultivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Proteger los cultivos de eventos extremos del clima con el uso de mallas, invernaderos, túneles, cubre suelos, mulch, etc. (pág. 52)</li> <li>▶ Manejar el riego y control de heladas</li> <li>▶ Invertir en sistemas de acumulación intra y extra predial (sequías)</li> <li>▶ Implementar sistemas de detección temprana de eventos extremos</li> <li>▶ Fortalecer los programas de Apoyo Estatal (Seguro Agrícola)</li> </ul>
	<p><b>2.</b> Posible daño a la infraestructura predial, especialmente a la infraestructura de riego</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Planificar y fomentar la mantención de cauces naturales y artificiales</li> <li>▶ Confeccionar y mantener registros/ catastros actualizados con inventario de obras</li> <li>▶ Desarrollar programas de recuperación de los sistemas de riego</li> <li>▶ Elaborar de Planes de Emergencia</li> <li>▶ Diseñar infraestructura de riego de menor susceptibilidad (entubamiento de canales)</li> <li>▶ Invertir en construcción de estructuras de retardo y control de inundaciones (piscinas de retardo e infiltración)</li> <li>▶ Fortalecer los programas de Apoyo Estatal (Seguro Agrícola)</li> </ul>
	<p><b>3.</b> Posible daño a los suelos por erosión (arrastre de sedimentos) o por contaminación (depósito de sedimentos nocivos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Promover el uso de cobertura de suelo vegetal o mulch para prevenir erosión (pág. 25)</li> <li>▶ Mejorar el suelo a través de la incorporación de materia orgánica (compost)</li> <li>▶ Implementar programas de Análisis de Suelos</li> <li>▶ Planificar y fomentar la mantención de cauces naturales</li> <li>▶ Invertir en construcción de estructuras de retardo y control de inundaciones (piscinas de retardo e infiltración)</li> <li>▶ Explorar posibilidades de cultivos en Terrazas (en contornos)</li> </ul>

¿Cómo percibimos el cambio climático?

¿Qué efectos podrían tener estos cambios en la agricultura?

¿Cómo podemos adaptarnos? (soluciones posibles)

V

BAJA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

1. Aumento en la vulnerabilidad económica de los agricultores

- Reconvertir la fuente energética (pág. 62 )
- Capacitar y prestar acompañamiento continuo en estrategias de adaptación y planificación predial (riego, planificación predial, nuevas variedades, nuevas fechas de cultivos, etc.)
- Diversificar la producción
- Diversificar los canales de comercialización
- Desarrollar investigación continua en estrategias de adaptación
- Fortalecer programas de apoyo estatal y fomento a la producción
- Promover los huertos familiares de alta producción, con diversificación de cultivos

2. Migración de agricultores y sus familias

- Fortalecer programas de apoyo estatal Inversión en obras de riego extra-predial
- Diversificar la producción
- Diversificar los canales de comercialización

# PRIMERA PARTE

## EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA EN EL NORTE DE CHILE

### ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

El **cambio climático** es un fenómeno global producto de la intensa actividad humana, que ha producido una elevada liberación de gases que hacen que nuestro planeta se comporte como un invernadero, lo que está generando el calentamiento global. Uno de los gases más importantes es el dióxido de carbono o CO<sub>2</sub>, el cual tiene directa relación con la agricultura. Al ser un cambio global nuestro país, y por supuesto la zona norte de éste, no está exenta de los efectos del aumento de temperatura. Es así que los principales problemas derivados del cambio climático y que el agricultor percibe fácilmente son los cambios en los patrones normales de temperaturas y precipitaciones. Esta variación está afectando directamente la producción agrícola siendo particularmente crítica en aquellos grupos de agricultores con menor capacidad de adaptación y respuesta, ya que una producción estable en el tiempo requiere de condiciones climáticas estables.



## RESPUESTAS AL CAMBIO CLIMÁTICO: ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

Básicamente existen dos maneras de enfrentar el cambio climático: la **adaptación** y la **mitigación**.

Si bien los contenidos de este manual se enfocan en apoyar a los agricultores a enfrentar los nuevos desafíos que implica el cambio climático a través de la **adaptación**, es importante saber cuál es la diferencia entre estos dos términos.

El término **adaptación** al cambio climático se usa para describir el conjunto de actividades que ayudan a manejar los impactos sociales, ambientales y económicos del cambio climático. En esencia, las actividades de adaptación están orientadas a reducir la **vulnerabilidad** frente al cambio climático.

Es importante tener en cuenta que el clima seguirá cambiando en las próximas décadas, y por eso no existe una solución única o algo que se implemente solo una vez, si no que la adaptación requiere ser un **proceso de transformación** permanente.

Por otra parte, la **mitigación** se refiere a las acciones orientadas a reducir las concentraciones de gases con efecto invernadero en la atmósfera, ya sea a través de la reducción de emisiones o con medidas que aumenten el secuestro de carbono. Si reducimos hoy las emisiones, se espera que la escala en la que sucedan los cambios climáticos en el futuro pueda ser minimizada.

En la actualidad, las políticas de mitigación del Ministerio de Agricultura están focalizadas en la actividad forestal, ya que la pequeña agricultura no contribuye mayormente en las emisiones de gases. Sin embargo, tomar medidas de mitigación **es un deber de todos** y sería conveniente comenzar a incorporar este concepto con los agricultores. Hoy ya es posible implementar algunas prácticas que contribuyan a esta causa, como evitar quemas, el uso de energías alternativas, entre otras (Imagen 2).



Imagen 2: Agricultores sembrando maíz, comuna de La Ligua  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## I LA PEQUEÑA AGRICULTURA EN LA ZONA NORTE

En la **IV Región de Coquimbo**, las cuencas del Limarí y Choapa se encuentran bajo la influencia de un clima caracterizado por escasez de precipitaciones y nueve meses del año con déficit hídrico. Dada la prolongada sequía que afecta la región -con un régimen de precipitaciones por debajo de los promedios históricos- existe una alta vulnerabilidad en el plano de regímenes hídricos para el desarrollo agrícola. Esto se acentúa en las zonas interiores donde el desarrollo productivo ha aumentado la demanda del recurso hídrico.

El desarrollo agrícola de los pequeños productores de la costa de la provincia de **Choapa**, depende en gran medida de la obtención de agua desde pozos, aunque existen redes de canales en algunas localidades. Hacia el interior, en la comuna de Salamanca, existe una red de canales que ha permitido el desarrollo de la agricultura, mayoritariamente de especies frutales. Sin embargo debido a la sequía, la disponibilidad hídrica ha ido a la baja en comparación con años anteriores.

En la cuenca del río **Limarí** coexisten dos tipos de agricultura: por una parte, aquella asociada al riego en una condición semiárida, y por otra, aquella agricultura de secano, que corresponde a territorios que se proveen de aguas de lluvia, pequeñas vertientes o pozos, caracterizada principalmente por la explotación del ganado caprino, las que corresponden en gran medida a Comunidades Agrícolas y estancias cordilleranas.

En la zona alta de la Provincia de Limarí (Monte Patria y Combarbalá) el principal cultivo es la uva de mesa, también es importante el cultivo de hortalizas como poroto verde y tomates. En la zona baja de la Provincia de Limarí (Ovalle, Río Hurtado y Punitaqui) el principal cultivo corresponde vid pisquera, asociado a las cooperativas que manejan la agroindustria del pisco, destacan otros frutales como uva de mesa, paltos y mandarinas. Es común encontrar cultivos de menor requerimiento hídrico como limoneros y olivos, en zonas de secano, abastecidas



Figura 1: Ubicación de las comunas del programa.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

mayoritariamente con pozos. En la Provincia de Choapa, específicamente en Salamanca, se cultivan principalmente frutales como nogales y damascos, además de vides, cítricos y hortalizas. En Canela, mayoritariamente, se cultivan hortalizas como papa, maíz, porotos y lechugas (Imagen 3).

A nivel regional es relevante la superficie dedicada a la producción de vid pisquera, concentrándose en las comunas de Ovalle, Salamanca, Monte Patria y Vicuña. La región representa más del 90% de la superficie pisquera nacional. En relación a los datos del catastro frutícola de los años 2011 y 2015, se observa una disminución en la superficie plantada con este tipo de cultivo, especialmente en cuatro de las cinco comunas de la provincia del Limarí: Combarbalá, Punitaqui, Monte Patria y Ovalle. La razón de esta disminución está relacionada a la sequía, dado que la gran parte de las explotaciones agrícolas debieron ajustar las superficies cultivadas a los menores volúmenes de agua disponibles, debiendo priorizar los rubros más rentables o resistentes a la escasez hídrica. El palto y la vid de mesa han sido las especies más afectadas. Finalmente, es importante mencionar que el cultivo de mandarinas y el olivo corresponden a cultivos que han aumentado en superficie en la mayoría de las comunas.



Imagen 3. Cultivo de porotos verdes, comuna de Monte Patria  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

En la **V Región de Valparaíso**, la agricultura se caracteriza principalmente por frutales entre los que se cuentan los paltos, nogales y cítricos. También cultivan leguminosas y tubérculos (papas). Los productores se encuentran utilizando no solamente los sectores planos en fondos de valles sino que también han ocupado áreas considerables en laderas de cerros, en ocasiones con bastante inclinación. Esto se hace, en muchos casos, con prácticas agronómicas como el cultivo en camellones en el sentido de la pendiente, lo que representa un alto riesgo de erosión hídrica. Estos cultivos representan un aumento en la presión sobre los recursos hídricos, que se ha intensificado a lo largo de los años producto del aumento de la superficie del cultivo del palto (Imagen 4).

Debido al largo período de sequía en la Provincia de Petorca, actualmente las aguas superficiales sólo alcanzan a utilizarse en las zonas altas de la cuenca, lo que implica que las actividades productivas y el consumo humano, se abastezcan principalmente de las aguas subterráneas. En Cabildo se ha evidenciado una disminución de producción de porotos, pimientos, maíz, flores, menores rendimientos de papas, daño estructural en paltos, disminución de recursos forrajeros en praderas naturales y muerte de ganado. Por su parte, en La Ligua, existe un alto porcentaje de pérdidas de producción de hortalizas y de frutales. Finalmente, en Petorca, ha habido una reducción de producción de tomates bajo plástico, pérdida de árboles o de fruta cuajada en paltos. En general, los agricultores han debido reducir la producción de sus cultivos producto de la falta de agua para riego, lo que implica necesariamente

incorporar tecnologías intraprediales que permitan mejorar el uso eficiente del agua. En cuanto a infraestructura en la zona, falta revestimiento en los canales que tienen problemas de infiltración y agrietaduras en muros. Además de esto, sin duda la gran problemática es la carencia de organizaciones de usuarios de aguas, que redundan en una falta de información precisa sobre los caudales manejados y el agua utilizada por los usuarios.



Imagen 4: Cultivo de paltos, comuna de la Ligua  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## I ¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO A LA AGRICULTURA DE LA ZONA NORTE?

En la zona norte el cambio climático continuará con la tendencia que se ha visto hasta ahora, es decir, con temperaturas ligeramente más altas y un descenso de las precipitaciones. En ese sentido, el desierto de Atacama se desplazará ligeramente hacia el sur, haciendo bajar los montos de precipitación en gran parte de la zona central, especialmente en la costa.

Afortunadamente, en esta zona existen lugares que ya están preparados para esta situación, pues cuentan con un buen sistema de almacenaje de agua con sus embalses, pero resulta fundamental invertir y seguir desarrollando la infraestructura de riego y almacenaje hídrico. El futuro de esta zona depende de una gestión del agua eficiente en todos los niveles.

### Aumento de las temperaturas

Según datos del Atlas Agroclimático de Chile (Santibáñez et al, 2018), uno de los principales impactos del cambio climático será en las temperaturas. La mayor alza sería en la zona centro-norte, desde Arica a Valparaíso (Fig. 2). Se prevé que la temperatura suba alrededor de 2 grados, lo que aumentará la frecuencia de temperaturas extremadamente altas, del orden de los 36, 37 y hasta 40° C.

El alza de temperatura genera una mayor demanda atmosférica, aumentando así el consumo de agua, lo que el agricultor percibe como **“Si hace más calor, tengo que regar más”**. Sin embargo, el aumento de la evaporación en el norte normalmente ocurre agravando las condiciones de déficit hídrico, lo que afecta la condición de las plantas y la calidad de la producción. Si no se cuenta con riego suficiente, la condición y resistencia de las hojas disminuye aumentando su susceptibilidad a daño por plagas, enfermedades, sol o viento.

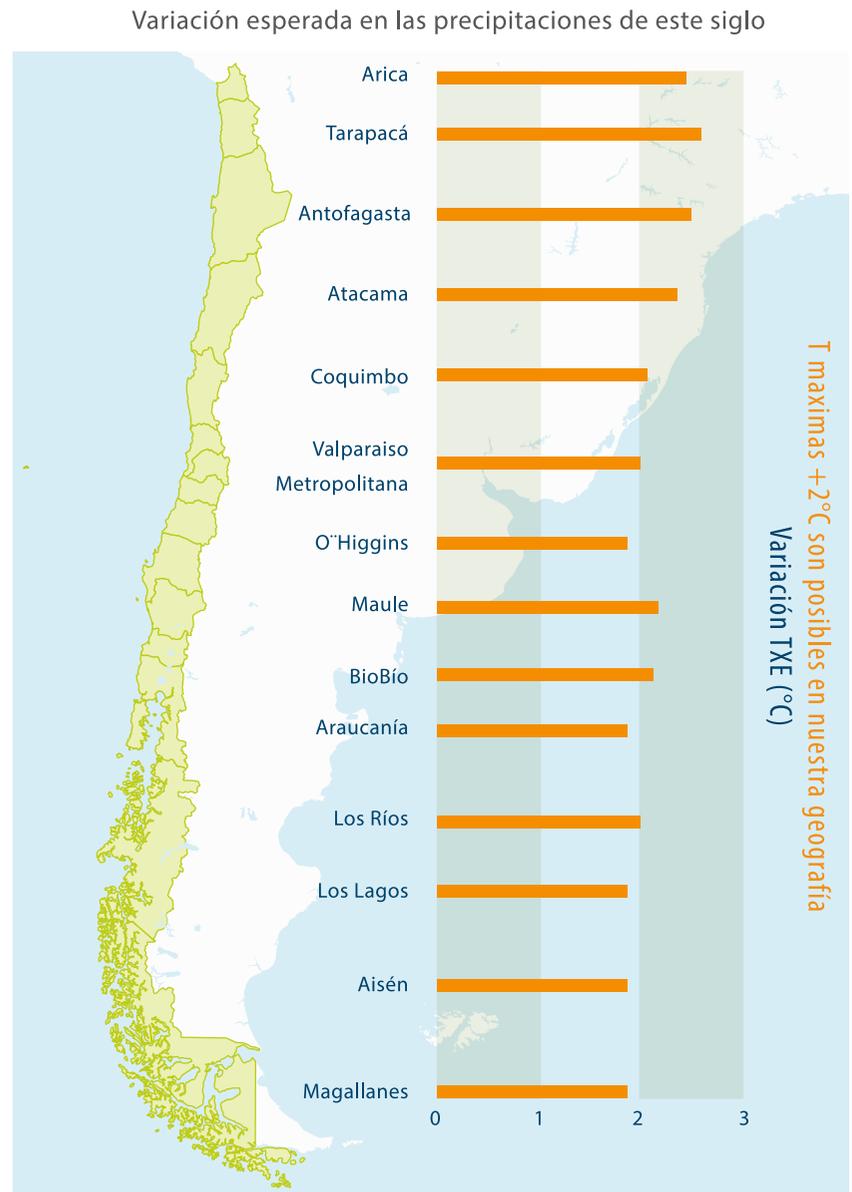


Figura 2. Variación esperada en la temperatura máxima de este siglo.

Fuente: Santibáñez et al, 2018

El aumento de la evaporación también produce la aridización de los suelos, resultando en menor cobertura vegetal lo que intensifica el riesgo de erosión. El alza de temperatura repercute en la aparición o llegada de nuevas plagas y enfermedades desconocidas en la zona, generando principalmente mayores costos de control.

Otro efecto que ya se puede observar son los cambios en la manifestación y duración de las estaciones, lo que influye directamente en los ciclos productivos de los cultivos. La fecha de siembra de la mayor parte de los cultivos anuales podría cambiar, por lo que es necesario adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. Por ejemplo, la atenuación del régimen de heladas permitiría adelantar en varios meses la fecha de siembra de los cultivos de verano, permitiendo aprovechar mejor las precipitaciones invernales. Estos cambios no solo demandan una mejor planificación predial cada temporada, sino que también es posible que cultivos que tradicionalmente se producían en la zona norte se vean desplazados hacia el sur. Por último, el aumento de la temperatura en los ambientes naturales tiene consecuencias para la biodiversidad como la desaparición de especies nativas.



Figura 3. Imágenes de cobertura de nieve del año 2001–2006–2010–2015 y 2017 obtenidas durante la primera semana de octubre de cada año. Fuente: visor web "EOSDIS Worldview" perteneciente a la NASA (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>), y corregidas del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), del Satélite TERRA (EOS am).

### Elevación de la Isoterma 0

Producto del aumento en las temperaturas habrá una elevación de la isoterma 0°C, lo que quiere decir que la lluvia comienza a caer en partes más altas de la cordillera y por lo tanto, mucho más agua caería en forma líquida y menos en forma de nieve. Esto aumenta los riesgos de que se produzcan aluviones y arrastre de sedimentos, pero también reduce la capacidad de la Cordillera de los Andes de almacenar nieve durante el invierno. Esto último provocaría mayor escasez de agua durante el verano, como también puede alterar la fecha en que los caudales se manifiestan en las cuencas, afectando la seguridad de riego. Actualmente se proyecta una reducción significativa de caudales en los ríos Elqui, Illapel y Aconcagua.

Al subir las isotermas las correntías tenderían a desplazarse de la primavera hacia el invierno, que es el momento en que no necesitamos el agua. De esta manera, hoy en día tener la capacidad de acumular esa agua puede ser clave para mantener la agricultura de vanguardia en las regiones de Coquimbo y Atacama.

El cambio en la cobertura de nieve en la cordillera de la zona norte se puede ver al comparar las imágenes tomadas en el mes de octubre de cada año (Fig. 3) fecha en que comienzan los deshielos. El agricultor en la actualidad percibe que si no se ve nieve, no habrá suficiente agua para riego.

## ■ Cambio en los patrones de lluvias

En la región de Coquimbo la precipitación bajó en alrededor de 30% en el último siglo y se espera que esta tendencia se mantenga, provocando pérdidas de similares proporciones dentro del siglo XXI. Las disminuciones en las precipitaciones serán de alrededor de 0,6 mm por año y la variación esperada en este siglo se puede ver en la figura 4.

Sin embargo, las condiciones de mayor sequía en la costa y en los valles no se darían en la alta cordillera, donde las estaciones de monitoreo muestran un ascenso en las precipitaciones en los últimos decenios. La diferencia es que al subir la temperatura caerá más agua líquida que nieve, lo que provocará el alza del caudal de los ríos en invierno, mayor riesgo de avalanchas y menos agua en el verano para regadío.

Se estima también que con el cambio climático los patrones de lluvias serán erráticos, alternando años lluviosos seguidos de sequías, teniendo en general menos lluvias, pero más intensas y concentradas.

Dado el déficit hídrico natural del norte de Chile, este cambio producirá aún más problemas asociados a la escasez de agua y sequías, como son la disponibilidad de agua para riego, la dificultad en la oportunidad de siembra, la incertidumbre al momento de aplicar agroquímicos, etc.

La viabilidad de desarrollo de actividades agrícolas en el nuevo escenario climático dependerá fuertemente de las posibilidades de mejorar la eficiencia del uso del agua a través de la modernización de los sistemas de acumulación y distribución de agua, complementada con estrategias de capacitación que permitan al agricultor hacer una buena operación y mantención de tecnologías de riego, como también una apropiada planificación predial.

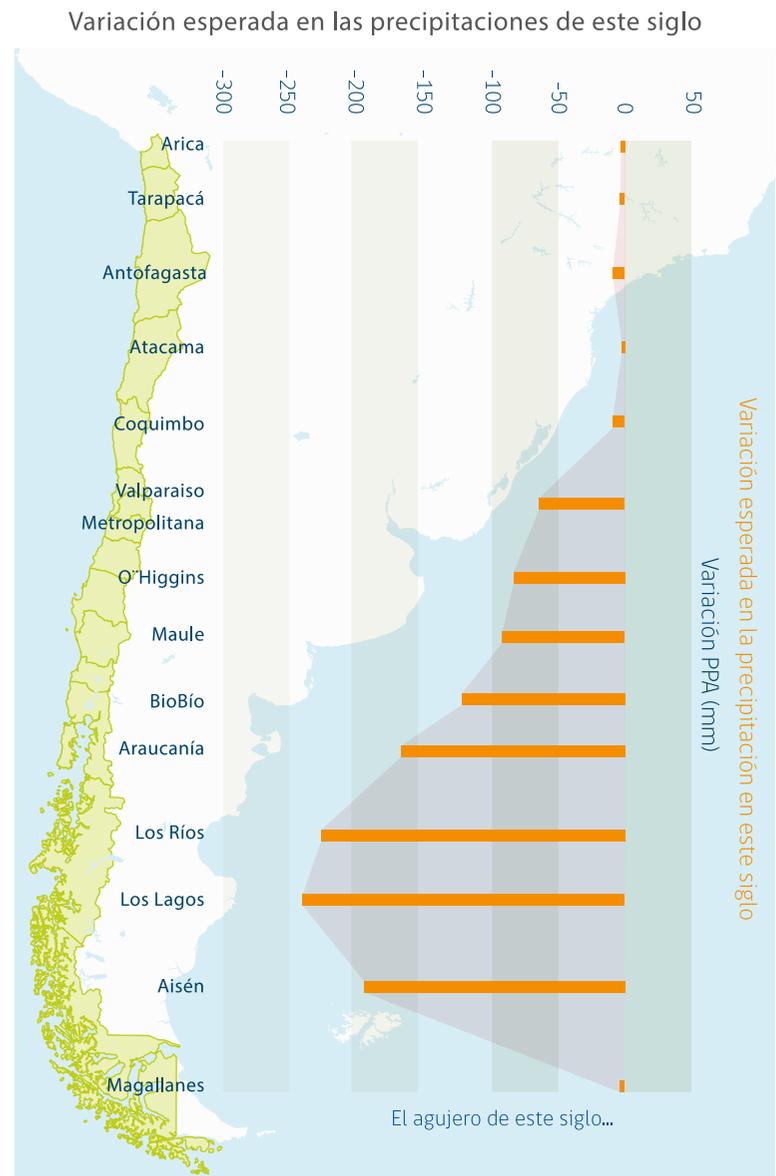


Figura 4. Variación esperada en la temperatura máxima de este siglo.  
Fuente: Santibáñez et al, 2018

## I Aumento de eventos extremos

La variabilidad climática asociada al cambio climático también ha sido analizada en relación a los eventos extremos, encontrándose un marcado aumento en la probabilidad de sequías, olas de calor, precipitaciones intensas, heladas, granizo, nieve, inundaciones, crecidas, aluviones, entre otras.

Estos eventos pueden provocar la pérdida de vidas humanas, además de generar serios impactos sobre la infraestructura en general y en particular sobre la agricultura, tanto en los cultivos como en los sistemas de riego, situación que en la zona norte ya es una realidad y que se refleja claramente en la siguiente nota de prensa del año 2017.

## I Catástrofe en Atacama: todas las comunas afectadas por lluvias y aluviones

**Nota de prensa, Radio Nostálgica, 13 mayo, 2017**

La región, al igual que el aluvión del 2015, lucha para volver a ponerse en pie. Después de dos años, la región de Atacama enfrenta nuevamente una catástrofe producto de las fuertes lluvias que comenzaron a afectar a partir del día miércoles 10 de mayo hasta la madrugada de este sábado 13. Calles anegadas, rutas cortadas, viviendas aisladas, damnificados, desborde del río en sector norte de la ciudad capital que inundó nuevamente calles como Las Heras, Ramón Freire, Juan Martínez, Avda. Centenario entre otras. Durante la mañana de este sábado el río se desbordó en sector El Buitrón y La Defensa anegando todas las casas entre La Defensa y La Línea, al igual que año 2015.

Si bien podemos destacar que esta vez la catástrofe no tomó vidas humanas como aquel año, otra vez se deberá levantar viviendas, limpiar ciudades y luchar con el barro, aquí es donde comienza la importancia de la solidaridad entre los vecinos de todas las comunas. En esta oportunidad la comuna de Chañaral es la más afectada ya que producto de las inundaciones la ciudad se partió en dos, mientras tanto en Tierra Amarilla debido al desborde del Río Copiapó, se registraron 120 personas damnificadas y otras 500 albergadas. Por su parte Aguas Chañar anuncia disminución en su capacidad de producción de agua en un 50% tras daño en sus instalaciones. La situación está siendo evaluada por trabajadores de la empresa y se activó un plan de emergencia para enfrentar el desastre. En tanto la ruta Vallenar – Alto del Carmen se encuentra cerrada mientras Vialidad no de la autorización correspondiente, al igual que al interior del Valle (Imagen 5).

A su vez la Secretaría Regional Ministerial de Educación, informó que producto de las lluvias que han afectado las últimas horas a la región de Atacama se ha decidido mantener suspendidas las clases para este lunes 15 y martes 16 de mayo. Sólo queda mencionar la importancia de prevenir desde ya las enfermedades respiratorias producto de la humedad y el polvo que aparece una vez que las calles se secan.



Imagen 5:  
Efectos de aluvión en predios agrícolas.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte.  
CNR

## Baja de producción agrícola

Dado que la agricultura es una actividad fuertemente vinculada a las condiciones ambientales, el cambio climático tendrá impactos diversos sobre la productividad agrícola.

En la zona norte se proyectan pérdidas de productividad asociadas principalmente a falta de agua para riego, como también a modificaciones en los ciclos de crecimiento y desarrollo de los cultivos. Cada vez existe mayor incertidumbre de la época e intensidad de lluvias tardías, las 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 también son cada vez más frecuentes, afectando tanto el crecimiento de la planta por el déficit hídrico y por daños en los frutos por golpe de sol, lo que finalmente afecta la calidad del producto y su precio en el mercado (Imagen 6). El cambio en el comportamiento de plagas y enfermedades también elevará los costos de producción.

Los impactos negativos del cambio climático sobre la agricultura tendrán consecuencias especialmente sobre los pequeños productores agrícolas, aumentando su vulnerabilidad (Imagen 7). La disminución de las cosechas puede generar problemas financieros y en último caso, pobreza e inseguridad alimentaria. Sin embargo, para el agricultor beneficiario del programa que enmarca este manual no es fácil percibir estos cambios en el corto plazo ya que normalmente no lleva registros de su actividad, por lo que no tiene una idea clara si una temporada produce menos o gana menos que otra. La aparición de bonos cada año (como bono sequía, helada, alimentación de animales, etc.) les permite subsistir sin que ellos lleven las cuentas claras de su empresa. Aun así, la falta de oportunidades en el sector se traduce finalmente en un aumento de la migración de los agricultores y sus familias, particularmente de la población más joven.



Imagen 6:  
Palto quemado por heladas, comuna de Río Hurtado.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte.  
CNR



Imagen 7:  
Daño en limoneros por escasez hídrica, comuna de Ovalle.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte.  
CNR

## SEGUNDA PARTE

# ESTRATEGIAS DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO: CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELOS

En la segunda parte de este Manual se presentan estrategias de adaptación al cambio climático orientadas a reducir la vulnerabilidad de los agricultores de la zona norte frente a los cambios que se pronostican.

Para organizar esta sección, se han dividido los temas a tratar en tres ejes fundamentales para la agricultura, como son el **SUELO, el AGUA y la PLANTA**.

En primer lugar se presentan las estrategias orientadas al **suelo**. El suelo es el componente que presta el sustento para las plantas, nutrientes y que además funciona como un estanque para regular el flujo hídrico para las plantas. Las medidas de adaptación que se sugieren tienen relación con la conservación del suelo (y del agua en perfil) y su mejoramiento.

El siguiente capítulo se refiere al **agua**, elemento fundamental para el crecimiento de las plantas y también el componente más limitante en la agricultura de la zona norte. Adaptaciones que tiendan a mejorar el manejo y la eficiencia en el uso del agua son fundamentales para el desarrollo de la agricultura. Así mismo, promover la formación de organizaciones de usuarios de aguas debe ser una prioridad.

Por último, en cuanto al crecimiento de la **planta** en un escenario de cambio climático se mencionan las medidas que pueden implementarse para mejorar la producción agrícola, ya sea a través de optimizar gestión predial, introducción de nuevas variedades, o reducir la dependencia del clima.



## 2. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CONSERVACIÓN Y MANEJO DE SUELOS

El suelo es un componente fundamental para el desarrollo de la agricultura. No solo provee el sustrato para anclaje de las plantas y les entrega los nutrientes necesarios, sino que también se comporta como un estanque que da estabilidad y continuidad a la demanda hídrica de los cultivos.

**“Se riega el SUELO, no la planta”**

**Es por ello que en un escenario de cambio climático, es fundamental tomar medidas para mantener o mejorar las condiciones del suelo. Si no se toman precauciones al respecto, es muy probable que el cambio climático reduzca el potencial productivo del suelo debido a las altas temperaturas, inundaciones, sequías, vientos fuertes y al aumento de la evaporación.**

En este capítulo exploraremos algunas maneras en que se puede mantener y mejorar el potencial productivo del suelo, lo que también incluye formas de conservación de suelo y técnicas para aumentar la materia orgánica y el contenido de nutrientes (Imagen 8).



Imagen 8. Día de campo ejecutado en el marco del programa  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## ¿Qué es el potencial productivo del suelo?

El potencial productivo del suelo está definido por su capacidad de retener agua y nutrientes, y posteriormente entregarlos a las plantas. Un suelo productivo debe tener: materia orgánica, micro-organismos y nutrientes. Así mismo, la estructura del suelo debe ser adecuada, idealmente porosa y sin compactación, que permita el flujo de agua y aire (Imagen 9).



Imagen 9 Riego por surcos, comuna de La Ligua  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

Ya que el suelo es un componente fundamental para el desarrollo de la planta, en un escenario de cambio climático la primera adaptación consiste en implementar medidas que **conserven el suelo, su contenido hídrico y su materia orgánica.**

El potencial productivo del suelo está definido por su capacidad de retener agua y nutrientes, y posteriormente entregarlos a las plantas (Imagen 10).

Un suelo productivo debe tener: materia orgánica, micro-organismos y nutrientes. Así mismo, la estructura del suelo debe ser adecuada, idealmente porosa y sin compactación, que permita el flujo de agua y aire (Imagen 11).



Imagen 10

Manejo de cobertura natural en cultivo de Nogales, Comuna de Salamanca.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



Imagen 11

Cobertura orgánica en Parrón plisquero, Comuna de Salamanca.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## Adaptación 1 - Prácticas para evitar la erosión de los suelos

Con el cambio climático en la zona norte, los patrones de lluvia erráticos se resumen en sequías prolongadas seguidas por lluvias intensas que lavan la superficie del suelo, destruyen las plantas, causan inundaciones y aluviones, aumentando la erosión. El daño que causan las lluvias generalmente es mayor en suelos que están descubiertos, o en aquellos cultivos que se encuentren en laderas de cerros, con mayores pendientes.

Aunque la erosión es un proceso natural, la actividad humana puede acelerar los procesos erosivos con malas prácticas. Hay algunas prácticas comunes que causan erosión y que pueden solucionarse mejorando el manejo predial.

MALA PRÁCTICA QUE PRODUCE EROSIÓN	SOLUCIÓN
✘ Monocultivo	✔ Diversificación de cultivos y rotación
✘ Sobre explotación con pérdida de materia orgánica	✔ Implementar rotación de cultivos ✔ Uso de compost
✘ Utilización de áreas susceptibles (pendientes pronunciadas)	✔ Hacer canales de drenaje ✔ Cultivos en terrazas ✔ Plantación en contornos
✘ Sobre pastoreo	✔ Manejo intensivo de animales ✔ Realizar labores que tiendan a mejorar la cobertura vegetal
✘ Deforestación	✔ Reforestación en áreas explotadas, plantación de nuevas especies en los límites de los campos y en los bordes de ríos, canales y cursos de agua

Tabla 2:

Prácticas que ocasionan erosión y posibles soluciones

Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



Imagen 12  
Daño por erosión, en suelos cultivados con alta pendiente.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## Adaptación 2 - Conservar el agua en el perfil

Con el aumento en la frecuencia de lluvias intensas en la región no solamente se debe prevenir la pérdida de suelo por erosión, sino que también es necesario tomar medidas que tiendan a aprovechar mejor el agua caída.

En el caso de la conservación de agua, se trata especialmente de implementar medidas que capturen la escorrentía y que aumenten la oportunidad de infiltración del agua en el perfil, evitando pérdidas por escurrimiento superficial.

Algunas prácticas o estructuras que reducen el escurrimiento superficial son:

- **Uso de mulch o cubiertas vegetales** que protegen el suelo, reducen la erosión y ayudan a retener la humedad evitando que el agua de riego se evapore fácilmente. Además no permite el crecimiento de malezas. Es una técnica fácil de aplicar en cualquier huerto, colocando sobre el suelo una capa de materia orgánica seca que puede ser de paja, hojas secas, pequeñas ramas o incluso productos derivados de celulosa como el papel o el cartón.
- **Zanjas de infiltración:** son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo para recuperar la napa. Se construyen transversalmente a la pendiente, en la curva de nivel, y su diseño depende del tipo de suelo. Es una práctica poco laboriosa, posee bajos costos de construcción, no requiere mucha capacitación.
- **Construcción de platabandas en contorno:** es similar a la práctica anterior pero de mayor ancho, permite aumentar el área y el tiempo de infiltración del agua de riego y reducir las pérdidas y la erosión.
- **Cultivos en terrazas:** previene el escurrimiento de agua y la erosión que trae consigo y es ideal para construir huertos productivos en áreas con gran inclinación.



Imagen 13

Uso de Mulch plástico en cultivo de ajíes, comuna de Combarbalá.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



Imagen 14

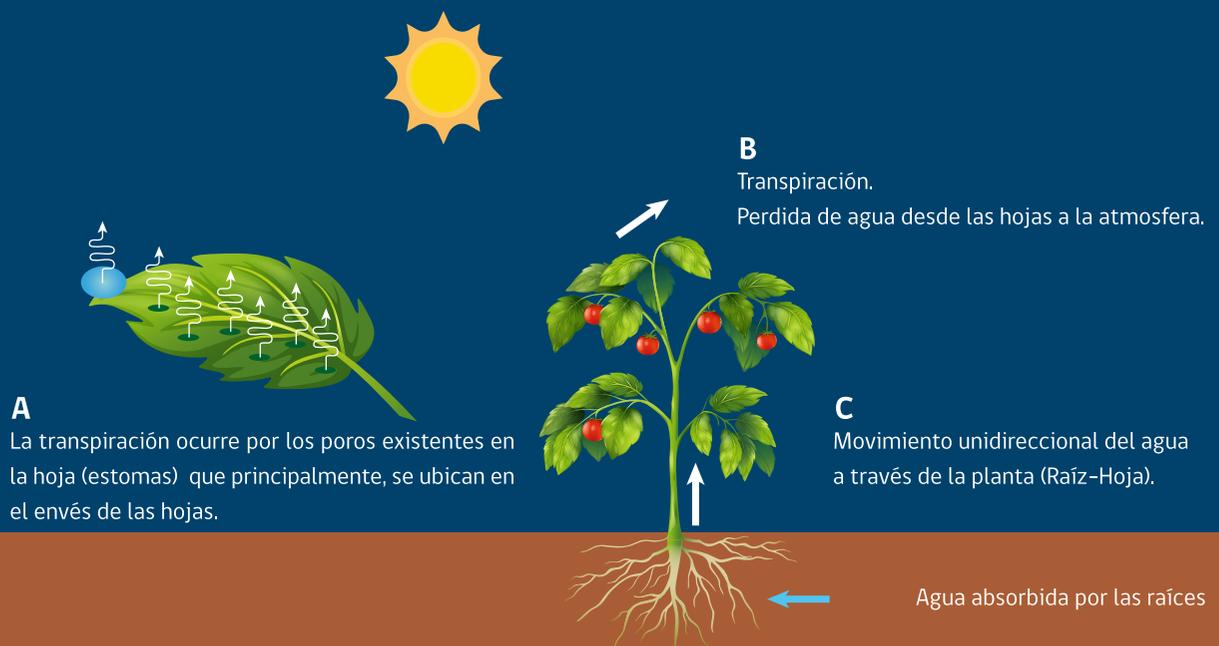
Mulch orgánico de paja de trigo, comuna de Monte Patria.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## TERCERA PARTE

# ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: MANEJO Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

El agua es el elemento más importante para el crecimiento de las plantas y en la zona norte suele ser el factor más limitante para la producción. Su buen manejo y conservación es crucial para los productores agrícolas y mejorar la eficiencia en el uso del agua debiera ser siempre una prioridad.

Las plantas absorben el agua desde el suelo por las raíces, la transportan a la parte aérea, para salir finalmente por los poros de las hojas (llamados estomas). La diferencia entre el agua que es absorbida por la planta y la que sale por transpiración es la que se queda en la planta y que utiliza para su crecimiento, desarrollo de tejidos, producción de frutos y hojas. Normalmente, esto corresponde a menos del 5% del total del agua aplicada a un cultivo. Es decir, las plantas transpiran mucho y es por eso que la agricultura tiene un alto consumo de agua.



## PROGRAMACIÓN DE RIEGO

La programación del riego responde a las preguntas básicas de **cuánto regar** (*tiempo de riego*) y **cuándo regar** (*frecuencia de riego*).

A continuación se desarrollan algunos conceptos que ayudarán a responder estas preguntas. La temática se ha desarrollado extensamente en la Cartilla Divulgativa “Como determinar cuánto y cuándo regar” del programa de Capacitación y Transferencia Tecnológica en Riego y Manejo de Cultivos para Adaptación al Cambio Climático, Zona Norte.

### COMO REGLA GENERAL:

Cuánto regar depende del clima y de las características de la planta

Cuándo regar depende de las características del suelo

## ¿CUÁNTO REGAR?

Se refiere a la cantidad de agua que se debe aplicar al suelo para reponer el agua absorbida y la evaporada por la planta. Para ello se debe determinar la **demanda hídrica del cultivo o evapotranspiración**.

La cantidad de agua que necesita el cultivo está dada por  **$ETc = Eto \times Kc$** . A continuación se explica cada uno de los componentes de esta fórmula.

En la actualidad la Evapotranspiración de referencia (Eto) se puede obtener en diferentes sitios en Internet donde se entrega, a partir de estaciones meteorológicas instaladas en todo Chile, los valores de la Eto para una localidad en específico (ejemplo [www.ceazamet.cl](http://www.ceazamet.cl), [www.agroclima.cl](http://www.agroclima.cl)).

El **coeficiente de cultivo (Kc)** es un factor que ajusta las diferencias entre la transpiración del cultivo de referencia (ETo) y la evaporación (ETc) de un cultivo en particular. El Kc depende de las características del cultivo (tabla 4) y del estado fenológico en que se encuentra (inicial, medio, final) y permite calcular el consumo real de agua del cultivo. Los valores de Kc para distintos cultivos se pueden encontrar en el lEstudio FAO Riego y Drenaje 56, 2006. Para mayor información ver en <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>

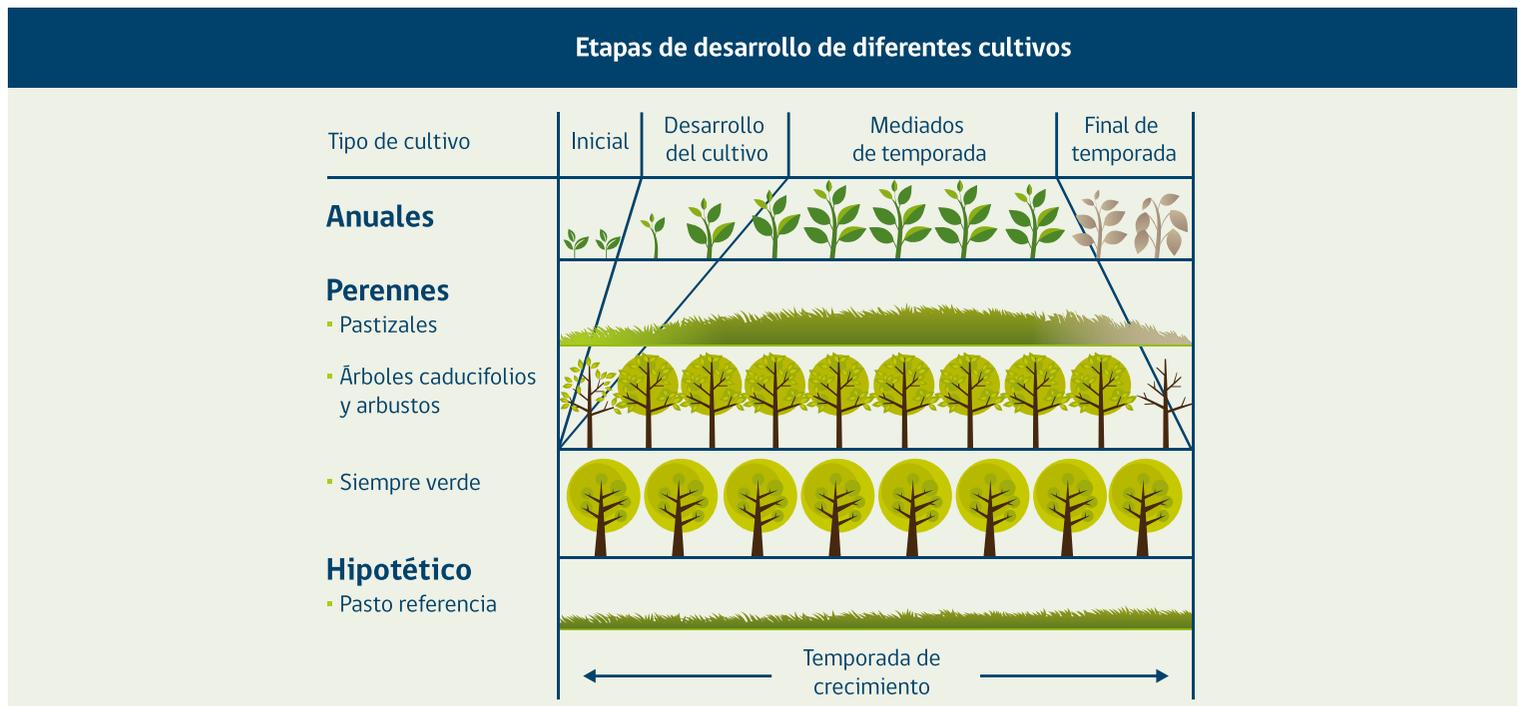


Figura 5. Etapas de desarrollo de cultivos por tipo. Fuente: FAO 56

## ¿Cuándo regar?

Se refiere al momento en que reponemos el agua del suelo que ha sido consumida por el cultivo entre dos riegos, considerando que el suelo se comporta como un estanque, que da cierta estabilidad y continuidad a la demanda hídrica

Un factor esencial en riego es el suelo y sus características, como profundidad, pedregosidad, textura, estructura, porosidad y permeabilidad.

A la capacidad del suelo de retener agua, se le denomina capacidad estanque y en riego siempre se limita a una profundidad dada (normalmente a la profundidad de raíces). Para calcular la capacidad estanque se usan los siguientes conceptos:

- **Humedad Aprovechable (Ha)**, es una cantidad de agua, que puede ser expresado como una lámina de agua o altura de agua, que retiene un suelo homogéneo entre los contenidos de agua de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, descontando el contenido de piedras.
- **Capacidad de Campo (CC)**, es el contenido de agua con que queda un suelo, después de haber sido regado abundantemente y haber drenado libremente por 24 a 48 horas.

- Punto de Marchitez Permanente (PMP), es la condición de humedad de suelo en que las plantas no logran absorber el agua o bien lo hacen con extrema dificultad, experimentando una marchitez irreversible.
- Profundidad de suelo (Prof), es aquella profundidad en la que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, específicamente en relación a la obtención de agua y nutrientes.
- Pedregosidad (pred), es el porcentaje de piedras presentes en el perfil (valor en fracción entre 0 y 1).



Figura 6. Diagrama del contenido de humedad del suelo.

Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

Si no se cuenta con métodos para calcular los contenidos de humedad en el suelo, se puede recurrir a los valores referenciales que están dados por la **textura** del suelo. Con un entrenamiento básico se puede determinar la textura al tacto y con esto ver el valor de humedad referencial ( $HA^{ref}$ ) en la tabla 5.



Fig., 7 Relación general entre el agua disponible para la planta ( $Ha$ ) según la textura del suelo

Clase Textural	CC (%)	PMP (%)	Ha <sup>ref</sup> (cm/m)
Arenoso	9	4	8
Franco arenoso	14	6	12
Franco	22	10	17
Franco limoso	27	13	19
Franco Arcilloso	31	15	21
Arcilloso	35	17	23

Tabla 3. Valores de referencia del contenido de humedad del suelo según clases texturales.  
Fuente: Adaptado de Israelsen y Hansen 1979

Los valores referenciales deben ser corregidos por la profundidad a la que llegan las raíces y la pedregosidad presente en el perfil.

**Umbral de riego (UR)**, es el criterio de riego convencional que consiste en regar cada vez que se ha agotado un porcentaje de la humedad aprovechable (Ha) del suelo. El UR depende en términos generales de las características del suelo, características de cultivo, disponibilidad de agua y tipo de riego. El valor del UR es estimado y generalmente es entre 10- 50%. Las necesidades netas de riego se denominan **humedad disponible (Hd)** donde:  $Hd = Ha * UR$ .

Por último, para calcular el volumen de agua que se debe aplicar al suelo también se debe prestar atención a la **eficiencia de aplicación** de los sistemas de riego. Este factor se calcula efectuando la relación entre el volumen de agua retenido en la zona de raíces y el volumen de agua aplicada en terreno.

Agua a aplicar =  $Hd * \text{Eficiencia de aplicación}$

Para determinar las eficiencias de aplicación según los distintos tipos de riego, a modo general se puede utilizar los valores de la tabla 5

Método de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Tendido	30
Surcos	45
Pretilos	60
Tazas	65
Aspersión	75
Micro jet y Micro aspersión	85

*NOTA: Para alcanzar los niveles de Eficiencia mencionados es necesario un diseño adecuado del sistema, junto con una instalación, operación y mantenimiento regular y permanente.*

Tabla 4. Eficiencia de aplicación de diferentes métodos de riego  
Fuente: Bases del concurso ley 18.450

Para revisar ejercicios de programación de riego ver Cartilla Divulgativa "Como determinar cuánto y cuándo regar" del programa de Capacitación y Transferencia Tecnológica en Riego y Manejo de Cultivos para Adaptación al Cambio Climático, Zona Norte.

## CONOZCO MI SUELO (Testimonio de Víctor Espinoza)

Tengo un predio de diferentes hortalizas (cebollas, lechugas, maíz, papas entre otras) en la localidad de Valle Hermoso comuna de La Ligua, riego todo por surco y soy Unidad Demostrativa del programa.

En una de las actividades en terreno que se hizo en mi predio se habló del suelo y sus características, y yo la verdad pensaba.

*"para que me hablan de esto si yo conozco mi suelo".*

Hicimos una calicata al inicio y final del surco y me llevé la sorpresa: mi suelo era muy distinto en ambas calicatas. Gracias a la asesoría técnica y a los cursos del programa hoy conozco mi suelo y tomo mejores decisiones para regar (Imagen 15).



Imagen 15: Agricultor beneficiado y descripción de una calicata, comuna de La Ligua. Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## ADAPTACIÓN 1 - MEJORAMIENTO DEL RIEGO

Uno de los efectos que tiene el calentamiento global es que aumentan los requerimientos de riego en varias especies. De esta manera, mejorar los sistemas y aumentar la eficiencia del uso del agua se constituye como una de las herramientas principales de adaptación para el cambio climático, ya que en este tema la brecha de conocimientos y manejo aún es muy grande.

Para mejorar el riego, en primer lugar y como ya se mencionó en el apartado anterior, el agricultor debe incorporar nociones básicas que le permitan optimizar su criterio para regar.

Por otra parte, mejorar la eficiencia en el uso del agua también se puede lograr si el agricultor utiliza mejor sus instalaciones actuales corrigiendo sus prácticas agrícolas y/o también adoptando nuevas tecnologías a través de la inversión (Imagen 16).



Imagen 16: Componentes de un sistema de riego tecnificado  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## Prácticas Agrícolas e Inversiones para mejorar la eficiencia en el uso del agua:

Además de manejar adecuadamente los criterios de riego, el agricultor puede mejorar la eficiencia del uso del agua corrigiendo sus prácticas agrícolas o implementando algunas tecnologías que requerirán de algún grado de inversión. En esta sección trataremos las prácticas e inversiones que pueden implementarse en un sistema de riego en sus tres partes: **Fuente de Agua, Cabezal de Riego y Red de Distribución.**

### ■ Fuente de agua

Tipo	Prácticas	Inversiones
Canal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento físico: Retirar elementos que interrumpan el flujo (malezas, sedimentos, plásticos, animales muertos, etc.).</li> <li>2. Revisar estado de la infraestructura (compuertas, marcos partidores) y revestimiento (concreto, geomembrana, etc.).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestir canal (concreto, geomembrana, etc.).</li> </ol>
Pozo o Noria	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento físico: Retirar elementos que interrumpan el flujo (malezas, sedimentos, plásticos, animales muertos, etc.).</li> <li>2. Revisar estado de la infraestructura (concreto, entubado, etc.).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incorporar brocal y sello sanitario.</li> <li>2. Tapar pozo (concreto, plástico, madera, etc.).</li> </ol>
Estanque de acumulación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento físico: Retirar elementos que interrumpan el paso del agua al cabezal de riego</li> <li>2. Mantenimiento químico: Aplicación de sulfato de cobre<sup>1</sup> o cloro<sup>2</sup> para el control de algas.</li> <li>3. Revisión del revestimiento (concreto, geomembrana, etc.).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cubrir estanque para disminuir crecimiento de algas (malla Raschel negra, plástico negro, etc.).</li> <li>2. Elevar estanque de acumulación móvil o copa de agua para regar impulsado por la gravedad, asegurando una diferencia de altura de a lo menos 10 m.</li> </ol>
Válvula de pie	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento físico: Retirar elementos que interrumpan el flujo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalar válvula de pie en caso de no tener, eligiendo el tamaño según el flujo y asegurándose que tenga canastillo para evitar la entrada de los elementos extraños al sistema de riego. Cambiar válvula de pie en caso de que se encuentra en mal estado.</li> </ol>

Tabla 5: Prácticas e inversiones en la fuente de agua del sistema de riego.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

<sup>1</sup> **Sulfato de cobre:** De manera preventiva se recomiendan tratamientos en dosis de 0,05 a 2 g/m<sup>3</sup> de agua. Con algas en formación se recomienda forzar la dosis de 4 a 5 g/m<sup>3</sup> de agua.

<sup>2</sup> **Cloro:** Se recomienda utilizar hipoclorito de sodio al 10 o al 12% en una concentración que depende del pH del agua de riego:

pH < 7,5 → 3 a 10 ppm.

pH > 7,5 → 2 a 3 ppm.

Para obtener una concentración de 10 ppm (10 g/m<sup>3</sup>) y sabiendo que la concentración de hipoclorito de sodio es de 10%, se requiere 0,1 litro de hipoclorito por m<sup>3</sup> de agua.

## ■ Cabezal de riego

Tipo	Prácticas	Inversiones
Bomba	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión anual en servicio técnico.</li> <li>2. Revisión de las filtraciones observadas.</li> <li>3. Revisión del cableado.</li> <li>4. Revisión del rodete.</li> <li>5. Operar la bomba por algunos segundos al mes en la época de no riego para que no se agripe</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambiar bomba en mal estado.</li> <li>2. Cambiar rodete en mal estado.</li> <li>3. Modificar soporte de bomba.</li> </ol>
Sistema de filtraje	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión del elemento filtrante (malla, anilla, arena, etc.).</li> <li>2. Mantenimiento físico: Limpiar manualmente el elemento filtrante.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambiar filtro y/o elemento filtrante en mal estado.</li> <li>2. Implementación de manómetros a la entrada y salida del sistema de filtraje<sup>1</sup>.</li> </ol>
Sistema de fertirriego	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión del sistema de inyección.</li> <li>2. Mantenimiento físico al estanque abonador: Dejar sin residuos para la fertilización siguiente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar o cambiar estanque de dilución y mezcla de fertilizantes, en caso de estar en mal estado o sea muy pequeño, recordando que si le cuesta disolver los fertilizantes, es probable que falte agua para la disolución de estos.</li> </ol>
Elementos accesorios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión y/o mantenimiento caudalímetro.</li> <li>2. Lectura caudalímetro</li> <li>3. Revisión y/o mantenimiento válvula de aire.</li> <li>4. Revisión y/o mantenimiento de programador de riego.</li> <li>5. Revisión y/o mantenimiento tablero eléctrico.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Implementar un sistema del tipo Venturi, manómetros a la entrada y salida <sup>2</sup>, o bomba inyectora para evitar que la solución fertilizante pase por el rodete de la bomba de riego</li> <li>1. Implementar un caudalímetro.</li> <li>2. Implementar o cambiar válvula de aire.</li> <li>3. Implementar o cambiar programador de riego.</li> <li>4. Implementar o cambiar tablero eléctrico.</li> </ol>

Tabla 6: Prácticas e inversiones en el cabezal de riego del sistema de riego.

Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

<sup>1</sup> **Lectura de manómetros sistema filtraje:** La diferencia de presión entre los manómetros de entrada y salida de los filtros indica el grado de suciedad de ellos y cuando es necesario limpiarlos sin estar abriéndolos continuamente. Cada vez que la diferencia de presión entre ambos manómetros sea cercana a 5 m.c.a (0,5 bar), se debe limpiar el elemento filtrante para restablecer la presión normal de trabajo. Pérdidas de carga superiores al valor señalado afectará la presión de trabajo en los sectores de riego.

<sup>2</sup> **Lectura de manómetros sistema Venturi:** Se requiere de una diferencia de presión entre el manómetro de entrada y salida del orden del 20% para su correcto funcionamiento.

## ■ Red de distribución

	Tipo	Prácticas	Inversiones
RIEGO TECNIFICADO	Matrices y sub-matrices	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión estado de tuberías, buscando filtraciones.</li> <li>2. Mantenimiento físico: Realizar lavado de tuberías siendo eliminada por los desagües (despiches).</li> <li>3. Pintar con pintura con filtro UV de color blanco a los tubos expuestos a la luz solar o cubrirlos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incorporar elementos de control (válvulas reguladoras de presión, manómetros o tomas manométricas, etc.).</li> <li>2. Incorporar válvulas de aire.</li> </ol>
	Líneas de riego y emisores	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de laterales de riego y emisores.</li> <li>2. Aforo de emisores.</li> <li>3. Registro de presiones.</li> <li>4. Mantenimiento físico: Realizar lavado de líneas de riego por el extremo final (descole).</li> <li>5. Mantenimiento químico: Para el control de algas y bacterias se recomienda utilizar cloro<sup>2</sup> y para la precipitación de carbonatos la aplicación de ácido fosfórico o sulfúrico<sup>3</sup>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reparación de líneas de riego.</li> <li>2. Cambio de líneas de riego y/o emisores si se encuentran dañados u obstruidos.</li> <li>3. Manómetro portátil para medir la presión de operación al término de la línea de riego y regular la presión de operación en las válvulas.</li> </ol>
RIEGO GRAVITACIONAL	Taza	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perfilamiento de las tazas.</li> <li>2. Mantener libre de malezas.</li> <li>3. Mantener hojas caídas u otro material (mulch orgánico o inorgánico).</li> <li>4. Utilizar calicatas para ajustar tiempo de riego.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incorporar mangueras para facilitar la labor de llenado.</li> </ol>
	Surco	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perfilamiento de los surcos.</li> <li>2. Mantener libre de malezas.</li> <li>3. Utilizar calicatas para ajustar tiempo de riego.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incorporar sifones para regular el caudal de entrada.</li> <li>2. Incorporar mangas para disminuir las pérdidas por conducción y la erosión asociada a la acequia cabecera.</li> </ol>

Tabla 7: Prácticas e inversiones en la red de distribución del sistema de riego.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## MEJORAR EL RIEGO A TRAVÉS DE PRÁCTICAS E INVERSIÓN

(Testimonio de un agricultor)

*Tengo un huerto de limoneros en la localidad de Cerro Blanco, Comuna de Ovalle (Imagen 17), donde la sequía nos ha golpeado muy fuerte y cambié el riego por taza a riego tecnificado para salvar mis plantas. Regaba todo el huerto de una vez, pero se veía muy poco mojado. Gracias a la asesoría técnica y a los cursos del programa, entendí que no podía regar todo el huerto de una vez y lo dividí en 2 sectores.*

*Aprendí que mis goteros (4 L/h) funcionan a 1 bar de presión, así que me compré un manómetro y regulamos las presiones en los 2 sectores. Cambió mucho mi huerto de limoneros, se ven más grandes y desarrollados. Hasta mis vecinos me preguntan que les hice a las plantas!*



Imagen 17: Agricultores beneficiados y su huerto de limoneros  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte, CNR

## ¿Cómo mejorar la eficiencia en un riego superficial?

Los riegos superficiales, como tendido, surcos y platabandas, son los sistemas de riego menos eficientes. Sin embargo, es posible mejorar su eficiencia con algunas prácticas orientadas al correcto diseño, combinado con sistemas para controlar el caudal aplicado a los cultivos.

El sistema de **riego por surco** ha sido ampliamente utilizado en la producción de frutales y hortalizas (Imagen 18). Un sistema bien diseñado y operado puede lograr eficiencias entre 50 a 60%; esto es que de cada 100 litros que se aplican al suelo, entre 50 a 60 litros quedan disponibles para las plantas.

Para llegar a esta eficiencia (o mejorarla) se recomienda considerar 6 puntos clave:

1. La **pendiente** del terreno debe variar entre 0,1 a 2% a lo largo del surco.
2. El **caudal** del surco, determinado en terreno, se establece probando diferentes caudales y eligiendo el que avanza la mayor distancia con menor arrastre de sedimentos.
3. El **tiempo de infiltración**, se calcula a partir de pruebas de infiltrometría o calicatas que determinen el tiempo que demora el agua en llegar a la profundidad de las raíces **al final del surco**.
4. El **tiempo de avance** corresponde a  $\frac{1}{4}$  del tiempo de infiltración
5. El **largo máximo del surco**, depende principalmente de la textura del suelo y del tiempo de avance. El largo máximo del surco se estima con la distancia a la que llega el agua en el tiempo de avance.
6. El **tiempo de riego**, está dado principalmente por el tiempo que demora el agua en llegar a la profundidad de las raíces (Tiempo de infiltración) y el tiempo que demora en recorrer el agua en superficie al final del surco (Tiempo de avance), siendo el tiempo de riego aproximadamente  $\frac{5}{4}$  del tiempo de infiltración.



Imagen 18: Distribución del agua en riego por surcos  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## ¿Cómo mejorar la eficiencia en un riego superficial?

Se debe considerar que la sola implementación de la tecnología de riego no es suficiente para asegurar un mejor y más eficiente uso del agua. Si al evaluar la cantidad de agua entregada por los goteros de nuestro sistema de riego tecnificado, (Imagen 19-20) notamos que existen diferencias importantes, debemos saber que se puede deber a:

- Diferencias de presión, por mal diseño o por mala regulación de las presiones del sistema de riego;
- Mezcla de diferentes goteros o emisores en un mismo sector de riego;
- Taponamiento de emisores debido a un sistema de filtraje deficiente, para esto se debe revisar si el filtro es el adecuado a nuestras condiciones y si se encuentra en buen estado
- Taponamiento de emisores, debido a acumulación de sales y/o algas. Esto último es posible remediar utilizando cloro, en el caso de presentarse algas o bacterias, y utilizando ácidos en el caso de presentarse acumulaciones de sales.



Imagen 19: Aforo de emisores. Comuna de Río Hurtado.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



Imagen 20: Acumulación de sales en emisor de cinta de riego. Comuna de Combarbalá. Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



Imagen 21: Evaluación de presión de trabajo. Comuna de Ovalle.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



Imagen 22: Filtro de Anillas en mal estado. Comuna de Monte Patria.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

¿Cómo mejorar la eficiencia en un riego superficial?

## Adaptación 2 – Organización comunitaria

En las zonas rurales del norte de Chile, donde el agua está directamente vinculada al desarrollo agrícola, las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUAs) son las instituciones locales llamadas a gestionar el recurso hídrico.

**Los beneficios de una comunidad de aguas legalmente constituida son:**

- Tiene la autoridad de imponer los acuerdos adoptados a todos los integrantes de la comunidad.
- Protege los derechos de aprovechamiento de aguas de los miembros de la Comunidad.
- Fortalece los mecanismos para la solución de conflictos al interior de la Comunidad.
- Facilita la obtención de recursos destinados a mejorar la infraestructura existente.
- Ordena el uso del agua a nivel de la jurisdicción de la organización.

El desafío es que los usuarios de aguas desarrollen estrategias basadas en la **colaboración**.



Imagen 23: Actividad de Capacitación, comuna de Alto del Carmen  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## BENEFICIOS DE LA ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

### La experiencia de la Asociación de Agricultores Las Américas, Comuna de Monte Patria.

Este grupo presenta un ejemplo exitoso de lo que se puede conseguir si se buscan soluciones de forma asociada. Estos agricultores hortaliceros, con predios de una superficie aproximada de 2 ha y cultivos de 1 ha en promedio, cultivan normalmente poroto verde, como también pimentones, maíz, alfalfa, entre otras especies.

Ellos comparten un estanque comunitario como fuente de agua y contaban con un sistema de distribución precario, consistente en acequias de tierra, donde las pérdidas por conducción resultaban excesivas y complicaban el uso del agua por los agricultores.

Hace algunos años en forma asociativa fueron favorecidos con el revestimiento del estanque de acumulación, de esta manera pudieron mejorar la gestión del recurso. Años después se inició la instalación de una red de tuberías que distribuye el agua a los predios de forma presurizada, debido a una importante diferencia de altura entre los predios y el estanque de acumulación.

Se espera continuar con la segunda etapa del proyecto de red de distribución, incorporando más agricultores a la entrega de agua a través de tuberías. Además muchos agricultores cuentan con equipos de control de caudal y volumen en el predio (caudalímetros) y en el futuro se busca distribuir de forma equitativa el agua y llegar a beneficiar a todos los agricultores de la zona (Imagen 24).



Imagen 24: Fotografías sistema de riego Las Américas  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

**NOTA:** Para mayores antecedentes ver Cartilla Divulgativa "Como mejorar la gestión de las comunidades de usuarios de aguas" del programa de Capacitación y Transferencia Tecnológica en Riego y Manejo de Cultivos para Adaptación al Cambio Climático, Zona Norte.

## CUARTA PARTE

# ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Los agricultores de la zona norte ya están sintiendo los efectos del cambio climático, que han resultado en pérdidas tanto en la cantidad como en la calidad de la producción. Las mayores dificultades que enfrentan los agricultores son las sequias, aluviones, ocurrencia de heladas y granizo, pero también el cambio en la estacionalidad de los cultivos lo que significa que hay que re-orientar el manejo predial a una manera que sea más eficiente. Otras adaptaciones que se deben promover frente al cambio climático son el uso de especies de bajo requerimiento hídrico, disminuir la dependencia de los cultivos frente al clima y hacer un manejo integrado de plagas.

## ADAPTACIÓN 1- PLANIFICACIÓN PREDIAL

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. Los cambios en las temperaturas y en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Es por eso que para disminuir el impacto del cambio climático en los cultivos, lo primero que los agricultores deben hacer es informarse mejor sobre los pronósticos que se esperan en su localidad cada temporada.



Imagen 25: Pozo de uso agrícola, revestido de concreto  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

### ¿Cuánta agua tengo para regar?

Sin duda que un aspecto fundamental que todo agricultor de la zona norte debe manejar es de cuánta agua dispone para desarrollar su actividad. Si bien parece que esto es algo obvio, en la práctica, la mayoría de los agricultores desconoce este valor y no lo considera al momento de planificar las actividades en su predio.

### ¿Cómo podemos saber cuánta agua hay disponible para el riego?

Conocer la disponibilidad hídrica es muy importante para la planificación predial (Fig. 8). Si sabemos cuánta agua tendremos, esto resulta en un aumento de la seguridad hídrica de los cultivos, se disminuye la incertidumbre y se puede idear mejor las estrategias para aprovechar el agua en las épocas en que está disponible.

Esta información se encuentra en las redes de estaciones meteorológicas (Ceaza, Agromet, etc.); Dirección General de Aguas (DGA); Comisión Nacional del Riego (CNR); centros de investigación (Universidades, Institutos, etc.) y otros. El extensionista debiera estar al tanto de esta información y transmitirla oportunamente a los agricultores.

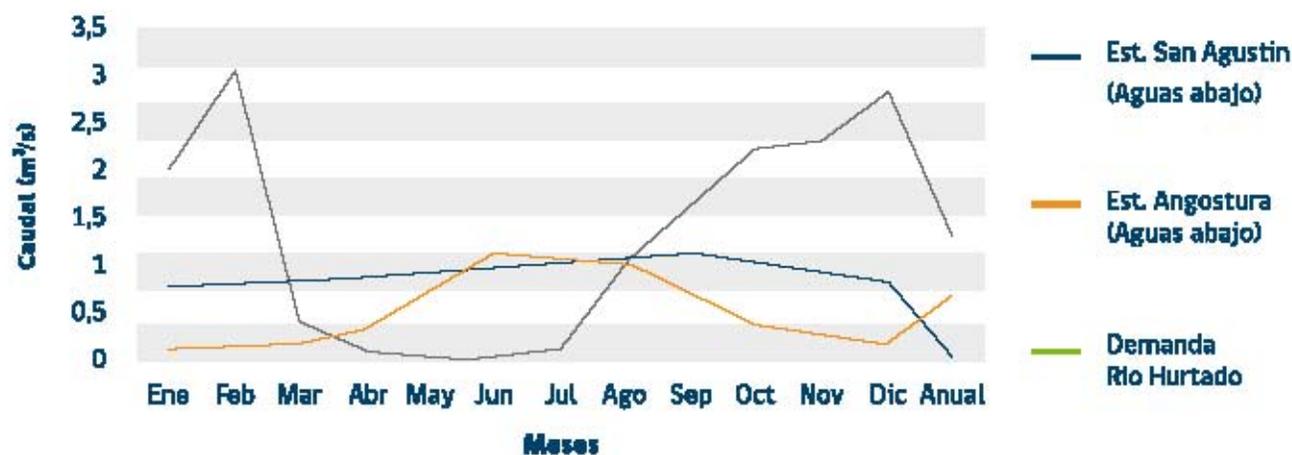


Figura 8. Distribución de oferta v/s demanda en la comuna de Río Hurtado  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

Es fundamental promover la formación de las OUAs, las que pueden acercarse a las instituciones pertinentes para recibir la información sobre la disponibilidad hídrica esperada, datos meteorológicos, etc.

Además, el agricultor puede hacer mediciones en su predio, para conocer el caudal del que dispone. Para ello se debe promover el uso de caudalímetros y capacitar en la correcta medición de caudales, volumen de emisores, capacidad del estanque, etc.

Una vez que se conoce el volumen de agua disponible, se puede ajustar la superficie de cada cultivo en función de éste. Es mejor tener menos superficie y mejor manejada que tener cultivos con permanente stress hídrico.

## ¿Cómo podemos saber cuánta agua hay disponible para el riego?

- **En cultivos anuales, retrasar o adelantar fechas de siembra y plantación**

Ajustarse al crecimiento y desarrollo de los cultivos en el período libre de heladas.  
Aprovechar los períodos de mayor disponibilidad hídrica y menor demanda atmosférica.

- **Introducción de nuevas especies**

Cambiar por un cultivo de menor requerimiento hídrico para ahorrar agua  
(por ejemplo: Granada: 36% a 46%; Higos: 24% a 37%; y Tunas: 83% a 86%)  
Cambiar por un cultivo con mayor productividad del agua, es decir, mayor rendimiento por volumen de agua aplicada (ton/m<sup>3</sup>).

- **Uso de genética adaptada (variedades y/o patrones resistentes)**

Cultivos resistentes o tolerantes a la sequía, enfermedades, salinidad, especies que se adapten a suelos con limitantes (pobres en nutrientes)

- **Diversificación de cultivos**

Para reducir la vulnerabilidad al clima, manteniendo algunos cultivos tradicionales pero incorporando otros más rústicos

- **Modificar las prácticas de aplicación de agroquímicos**

En los cultivos (fertilización y pesticidas) ajustándose a las nuevas condiciones climáticas

- **Al planificar considerar que existe un desplazamiento hacia el sur de las zonas tradicionales de los cultivos**

Dado que la elección de cualquiera de estas estrategias dependerá de diversos factores como la oportunidad comercial de los cultivos, condiciones de mercado, la capacidad de innovación del agricultor, su disponibilidad de recursos (insumos, mano de obra), acceso a información (uso de internet, estaciones meteorológicas, precios de mercado) edad, aversión al riesgo, retornos esperados, entre otras, es el **extensionista** quien debe aplicar sus conocimientos y criterio para juzgar cuales son las alternativas que mejor se ajustan a cada agricultor.

Si se requiere mayor información climática para la elección de cultivos, el Mapa Agroclimático de Chile entrega datos como régimen térmico, temperaturas mínimas y máximas, acumulación de días-grados, horas de frío, etc. para las distintas localidades y se puede consultar en <http://www.inia.cl/zonificacion/descargar/mapa-agroclimatico-de-chile/>

En la planificación predial también es muy importante conocer las condiciones de mercado a la hora de sembrar ya que el agricultor finalmente hace la toma de decisiones tratando de maximizar los ingresos que espera obtener.

A modo de ejemplo, se presenta la tabla 8 donde se compara los rendimientos de distintos cultivos en la región de Coquimbo, que pueden ser utilizados como cultivos de invierno. Las ganancias esperadas están en pesos por hectárea y corresponde a los ingresos netos menos los costos de producción.

Cultivo	Variedad	Fecha Cosecha	Duración promedio cultivo (meses)	Rendimiento /ha	Unidades (u)	kg o u/ha	Ganancia esperada (\$/ha)
Ají al aire libre	Tronador	Feb-Mar	Feb-Mar	700	Cajas de 20 kg	14,000	3,867,096
Ají bajo plástico	Tronador	Feb-Mar	Feb-Mar	2,400	Cajas de 20 kg	48,000	21,000,654
Alcachofa	Argentina	Jul-Dic	Jul-Dic	70,000	Unidades	7,000	6,165,070
Arveja	Perfected Freezer	Sep-Oct	Sep-Oct	250	Malla 30 kg	7,500	836,047
Habas	Luz de otoño Agua dulce	Jun-Oct	Jun-Oct	325	QQ 30=3000 kg	9,750,000	663,006
Lechuga	Escarola	Sep-Dic	Sep-Dic	40,000	Unidades	4,000	2,467,945
Papa	Cardinal	Jun-Sep	Jun-Sep	500	Saco de 50 kg	25,000	2,705,235

Tabla 8. Comparación de retornos de distintos cultivos de invierno en la región de Coquimbo  
Fuente: <https://www.indap.gob.cl/fichas-productivas-afc-arica/fichas-productivas-afc-coquimbo>

## ADAPTACIÓN 2- USO DE ESPECIES DE BAJO REQUERIMIENTO HÍDRICO O TOLERANTES A LA SEQUÍA

Con el escenario climático actual, es necesario que los agricultores lleven al mínimo sus riesgos, para lo cual deben conocer los requerimientos hídricos de los cultivos y su tolerancia a la sequía. Específicamente para la zona norte, existen cultivos que se adaptan mejor a las actuales condiciones de baja disponibilidad hídrica como la tuna, jojoba, granado, quínoa, olivo e higuera. Estos cultivos además están siendo usados en la industria alimentaria en la elaboración de los llamados "alimentos funcionales" que cumplen una función específica como puede ser mejorar la salud y/o reducir el riesgo de contraer enfermedades.

A continuación se presenta una breve reseña de estos cultivos.

### Tuna (*Opuntia ficus indica* mill.)

Es una especie que pertenece a la familia de las Cactáceas y es originaria de América. Siendo los principales países productores: España, África y Australia. No tiene limitantes de suelo en cuanto a textura y profundidad. Siendo el ideal suelos livianos con profundidad de 40 cm, con pH neutro a alcalino (7,0–9,5). Posee raíces extensas y robustas, que son superficiales pudiendo alcanzar los 80 cm de profundidad.

Las flores se desarrollan sobre los cantos del tercio superior de la paleta. La floración dura un día y ocurre en dos periodos en verano e invierno. Se puede producir en climas áridos y semiáridos, con temperaturas medias de 20 a 30°C, su óptimo desarrollo se presenta entre 18 y 25°C. Para la maduración del fruto se requieren temperaturas de 25 a 32°C y una mínima de 6°C.

La producción de tuna es atractiva, (Imagen 26) primero porque su producción no necesita de mucha agua y segundo porque es un cultivo multifuncional, es decir además del fruto otras partes de la planta son comercializables. Por ejemplo, además del fruto se puede aprovechar el tallo que tiene propiedades medicinales y se utiliza para elaborar jarabes para la tos, ideal para calmar irritaciones o hinchazones y es un descongestionante natural.



Imagen 26: Cultivo de tunas, comuna de Petorca  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## Jojoba (*Simonsia chinensis* (link) c.k. schneid)

La Jojoba es un arbusto leñoso, originario del desierto de Sonora (México) y las regiones vecinas de Arizona y sur de California (Estados Unidos), por lo que presenta buenas perspectivas para su producción en las regiones áridas o semiáridas de Chile. Es un arbusto perenne y silvestre, donde su fruto contiene una semilla de 2 a 4 cm de largo que puede ser almacenada por años sin que pierda ninguno de los valores de su contenido. De esta semilla se extrae la cera líquida o Aceite de Jojoba, siendo ésta la única cera líquida vegetal existente. La producción de semillas varía entre 2,5 y 4,5 ton de semilla/ha o entre 1,1 y 2,1 ton de cera líquida/ha/temporada.

La planta se desarrolla con facilidad en cualquier tipo de suelo, también en aquellos considerados desérticos y marginales. No requiere demasiado riego ni lluvia abundante, produciéndose en terrenos con alto grado de alcalinidad y es tolerante a suelos salinos.

**Jojoba**  
(*Simonsia chinensis* (link) c.k. schneid)

## Granado (*Punica granatum L.*)

Especie cuyo origen es Asia Central y que llegó a Chile en los tiempos de la colonia. En la última década, se ha demostrado que las variedades rojas son muy ricas en antioxidantes de alta biodisponibilidad y que tienen múltiples efectos benéficos sobre la salud (Seeram et al., 2006; Yildiz et al., 2009), lo que ha desencadenado un verdadero "boom" en la demanda de frutos y subproductos de granado (arilos de mínimo procesamiento y jugos), en los mercados de Europa, Asia y Norteamérica.

En respuesta a esta tendencia, las plantaciones de granado en Chile han experimentado un explosivo crecimiento, particularmente en el "Norte Chico" cuyas regiones, Atacama y Coquimbo, concentran más del 80% de la superficie plantada (INE, 2007). Generalmente se presentan 2 a 3 floraciones durante la temporada. El granado se considera como una especie "rústica" debido a su alta tolerancia a la salinidad y la sequía y su adaptación a suelos pobres y pedregosos (Melgarejo y Martínez, 1992; Prat et al., 2003; Sudzuki, 1988).

Sus requerimientos hídricos son relativamente bajos, encontrándose antecedentes en la literatura que fluctúan entre 4.500 y 7.500 m<sup>3</sup>/ha/año. El granado (Imagen 27) requiere de una alta suma térmica estival para asegurar que la mayoría de los frutos provenientes de su prolongada floración alcance a madurar adecuadamente. En zonas con otoños más fríos y lluviosos, la mayoría de los frutos podrían verse afectados, ya sea por un insuficiente desarrollo de color o por partidura asociada a la lluvia.



Imagen 27: Cultivo de Granado  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

**Granado**  
(*Punica granatum L.*)

## Olivo (*Olea europea* L.)

El olivo es originario de Asia Menor y se cultiva desde la antigüedad en toda la cuenca mediterránea. En Chile se introdujo a mitad del siglo XVI al Valle de Azapa y posteriormente al valle del Huasco. Probablemente el olivo es entre los árboles subtropicales de fruto el más resistente al frío (Imagen 28), lo cual dependerá de su estado fenológico. Cultivable en una gran variedad de suelos incluso en los delgados y de baja fertilidad. Sólo son limitantes los suelos compactos pobremente drenados por la sensibilidad del olivo a la asfixia radical. Es tolerantes a la salinidad y a la sequía. Respecto al pH de suelo se adapta bien a condiciones entre 6,0 a 8,0. A pesar de ser un árbol muy resistente a la reducción de agua o de nutrientes minerales, una menor disponibilidad hídrica semanas antes de la época de floración puede causar una menor floración y, por consiguiente, en una menor cantidad de olivas. Su producción puede ser con destino de mesa o aceite, existiendo variedades específicas para cada propósito.



Imagen 28: Cultivo de Olivos  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

**Olivo**  
(*Olea europea* L.)

## Quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*)

La Quínoa es una planta anual de tamaño muy variable, que puede medir desde 1 m a 3,5 m de altura (Imagen 29). Es considerada como un cultivo excepcional por su capacidad de adaptarse a condiciones agroecológicas diversas e incluso extremas, como sequías frecuentes, heladas y radiación solar extrema. Además no tiene problemas en adaptarse a condiciones de salinidad en el suelo. Es un alimento rico en nutrientes y fibras, y con bajo aporte calórico, que posee todos los aminoácidos esenciales que requiere el ser humano y que en Chile ya está integrada en la dieta familiar.

El ciclo productivo de la quínoa es de 5 a 8 meses. Lo que se cosecha es el grano o fruto y sus producciones bordean los 600 kg/ha. Si bien es un cultivo rústico cuya comercialización está empezando a tener un auge, se deben tomar precauciones con respecto a posibles ataques de plagas u hongos, así como también de hacer un adecuado control de malezas.



Imagen 29: Cultivo de Quínoa  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

Quínoa  
(*Chenopodium quinoa Willd.*)

## Higuera (*Ficus carica* L.)

Tiene su origen en Asia oriental y está muy ligada a los antiguos pueblos y cultura del Mediterráneo. Es una planta rústica y algunas de sus variedades tienen la capacidad de producir frutos en dos épocas diferentes. Al fruto que madura en otoño se la llama comúnmente higo y corresponde a yemas frutales desarrolladas en la temporada. Las yemas que no alcanzan a desarrollarse pasan el invierno en la planta y maduran en la primavera siguiente. A estas se les denominan brevas y generalmente son más grandes que los higos. El higo pese a su baja presencia a nivel nacional posee un nicho de consumidores permanente y que está dispuesto a pagar por el fruto debido a su baja disponibilidad en el mercado. Los productores que han apostado por su producción para exportación mencionan que sus ganancias, descontando transporte y gastos varios, por kilogramo es cercana a US\$3.

La higuera (Imagen 30) requiere de aproximadamente 190 días libre de heladas y casi no posee receso invernal en los climas de inviernos benignos. Si entra en receso puede soportar temperaturas mínimas de hasta  $-9^{\circ}\text{C}$ , siempre y cuando no existan periodos cálidos intermedios que la saquen del receso. Los árboles nuevos son más sensibles al frío en otoño, pueden dañarse con temperaturas menores a  $-3^{\circ}\text{C}$ . Requieren entre 100 a 400 horas de frío dependiendo de la variedad ( $<7^{\circ}\text{C}$ ). Requiere de temperaturas diarias altas durante primavera y verano y para madurar la fruta entre  $32$  y  $37^{\circ}\text{C}$ . Vientos muy fuertes pueden ser perjudiciales en época de fructificación. Se adapta a todo tipo de suelo, sin problemas de compactación. Se adapta a suelos de pH neutro (6,0-7,8) y de profundidad de 1,2 m, siendo eso si una planta susceptible a la presencia de nemátodos.



Imagen 30: Higuera, comuna del Tránsito  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

Higuera  
(*Ficus carica* L.)

### ADAPTACIÓN 3- DISMINUIR LA DEPENDENCIA DEL CLIMA

Una manera de enfrentar los efectos del cambio climático es disminuir la dependencia de los cultivos al clima. Existen diversas tecnologías que nos permiten hacer esto, de las cuales las más usadas son el uso de **mallas** (sombreamiento, corta viento, antiáfidos), construcción de **invernaderos**, cubre suelos y túneles, etc. Además es posible reducir el efecto de eventos como las heladas manejando correctamente el uso del riego y aspersores.

#### Mallas y cubre suelos

**Mulch o acolchado.** Su uso sirve para controlar humedad y temperatura del suelo, crecimiento de malezas y reducir el efecto de las condiciones atmosféricas sobre el suelo. Este puede ser orgánico (paja, viruta, aserrín) o también se pueden utilizar materiales plásticos (Imagen 31). Los plásticos se encuentran disponibles en diversos colores y espesores según su necesidad y su diferencia principal está en su capacidad de reflectancia visible. El uso de mangas plásticas para sellar el suelo tiene también un efecto "tetera", donde el aumento de temperatura elimina los gusanos, insectos cortadores, e impide la germinación de malezas. Entre las desventajas de su uso están en el costo, necesidades de mano de obra, las dificultades de postura y sellado, la contaminación que generan una vez que el plástico ha cumplido su vida útil.

#### TESTIMONIO DE UN AGRICULTOR

*“Tengo un predio con parrón pisquero con riego por goteo en la localidad de El Tebal comuna de Salamanca. He participado en el programa como asistente de las actividades de capacitación y como Unidad Demostrativa, donde probamos dos tipos de coberturas para mantener la humedad del suelo por más tiempo: dos hileras con mulch inorgánico (plástico) y otras dos con mulch orgánico (malezas muertas, ramas y hojas del parrón). Siempre comparaba manualmente la humedad del suelo de estos dos tratamientos y el resto de mis plantas, y siempre las hileras con mulch duraba más la humedad, llegando incluso a distanciar aún más los riegos.”*

*En la época de cosecha la cantidad de racimos era muy similar entre los tratamientos y el resto del parrón, sin embargo, la cantidad de agua aplicada no, por lo que el mulch es una alternativa para un uso más eficiente del agua.”*



Imagen 31: Cobertura de suelo con plástico en parrón pisquero, comuna de Salamanca  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

**Túneles de polietileno.** Los túneles de cultivos son una construcción sencilla en forma de arco tapada con una lámina plástica que se instala sobre el propio cultivo especialmente en las primeras fases vegetativas para así conseguir precocidad. Los arcos -las partes del túnel instaladas bajo el plástico (o en ocasiones encima)- le dan el aspecto propio del túnel, manteniendo la lámina plástica a una cierta distancia del cultivo. El túnel (Imagen 32) permite mantener en su interior aire que, gracias a la acción solar, presentará una temperatura superior que la ambiental. Los túneles también llevan un sistema de anclaje y tensores del plástico, los que sujetan la lámina al suelo o a los arcos y la tensan para evitar que en caso de lluvia se produzca apozamiento sobre la lámina. Además también cumplen la función de ventilar los túneles y situar la lámina a la altura deseada. Estos tensores pueden ser cuerdas, hilo sisal, rafia de polipropileno o polietileno, alambre galvanizado o forrado con plástico. La duración de los plásticos va a depender de una serie de factores como los agentes atmosféricos, latitud de la zona, grosor de las láminas, estación del año, orientación y manejabilidad de los túneles, sistema de anclaje y sujeción de la lámina, etc., pero lo que más dañará la lámina será la radiación solar. Sin embargo, con un manejo adecuado pueden ser reutilizados. Los túneles de cultivo generan una serie de efectos beneficiosos para los cultivos debido a que los protegen de las horas más frías del día, siendo mayor su eficacia cuanto mayor sea la capacidad de aire que puedan albergar. Su uso aumenta considerablemente los rendimientos de las cosechas, y además protegen las cosechas del frío, heladas, pájaros y algunos insectos, permiten un aprovechamiento mayor de los abonos, mantienen el suelo con temperatura, lo que facilita un mayor desarrollo de la parte radicular de la planta.



Imagen 32 Cultivo bajo túneles, comuna de Canela.  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

**Cubre suelo o groundcover.** Es una malla de tejido denso de polipropileno que mantienen bajo control el desarrollo de maleza y algas. Se usa en muchas áreas de la agricultura, tanto en invernaderos como a cielo abierto, mesas de trasplante y macro túneles. El cubre suelo bloquea el paso de los rayos UV al suelo, evitando así el proceso de fotosíntesis y crecimiento de malezas indeseables que compliquen las labores de cosecha y fertilización del cultivo, pero favorece el paso del agua, aire y fertilizantes, ya que es una malla permeable. Su material y estructura la hace resistente a los agentes químicos y microorganismos, teniendo una vida útil de alrededor de 3 años. Según el color de la malla, aumentan (negro) ó disminuyen (blanco) el calor por la forma en la que reflejan la luz. Es una cubierta de muy fácil instalación, ya que sólo se coloca sobre el suelo sin necesidad de fijaciones. Es también reutilizable

**Mallas o Netting.** Existe una amplia oferta de mallas sintéticas para distintos usos, como para controlar temperaturas, radiación, viento, vectores, etc. como son malla cortavientos, manta térmica (anti helada), malla sombreadora, malla cobertora, anti pájaro, Bee Net (para controlar polinización), antiáfidos, etc.

**Malla sombreadora (Raschel o Kiwi).** Es un tejido fabricado a partir de polietileno de alta densidad, diseñado para proteger de forma sencilla la incidencia de sol, vientos fuertes, granizo, atrapa nieblas entre otras aplicaciones. La malla puede brindar la sombra al mismo tiempo que distribuye mejor la luz para que cada tipo de cultivo reciba la cantidad adecuada. En el mercado existen diferentes calibres de malla, siendo los más comunes los de 35% y 50%, aunque también existen los de 65%, 80% y 90%. Es una malla fácil de manipular y se puede emplear tanto en invernadero como a campo abierto. Su uso puede significar un ahorro de energía, ayuda a optimizar el uso del agua y los nutrientes para las plantas, evita o disminuye la aparición de plagas y enfermedades dentro del cultivo.

## TESTIMONIO DE UN AGRICULTOR

*"Somos una Unidad Demostrativa en la localidad del Divisadero, Comuna de Punitaqui. Tenemos diferentes hortalizas como tomates, lechugas, pimentones, pepinos, entre otros, principalmente en invernadero, todo regado con riego tecnificado. En la Unidad Demostrativa probamos un cultivo de maíz dulce al aire libre, pero lo atacaron los pájaros y conejos. Después probamos con lechugas. Para no tener el problema con las plagas de nuevo, le hicimos como un invernadero pero de malla Raschel blanca. Nosotros pensamos que la malla podía afectar al cultivo de otra manera pero las lechugas crecieron súper bien" (Imagen 33).*



Imagen 33: Agricultora de El Divisadero, comuna de Punitaqui  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

La **malla cortaviento** evita el daño físico del viento sobre las plantas. El viento modifica el tamaño de las plantas disminuyendo su altura y produce rotura de ramas y brotes, lo que se traduce en una pérdida de cosecha cada año. También produce "rameado" de los frutos, que es una lesión superficial por roce del fruto contra estructuras de la planta. El viento hace plegar las hojas, disminuyendo la capacidad receptora de luz y la superficie foliar. Además aumenta la transpiración originando condiciones de stress hídrico que pueden manifestarse en los frutos a través de ciertas fisiopatías. También produce daños en estructuras y rotura de plásticos, dificulta las labores de suelo afecta la aplicación de fertilizantes y agroquímicos que pierden homogeneidad en su distribución por los efectos de la deriva.

Un buen cortaviento debe tener permeabilidad, es decir, deben actuar como un filtro y no como una barrera impermeable, reduciendo la velocidad del viento sin crear remolinos a ambos lados del cortaviento. Las mallas plásticas permiten elegir el grado de permeabilidad (30 - 70%), el que depende del cultivo que se quiere proteger. El efecto del cortaviento es directamente proporcional a su altura, protegiendo desde 4 a 20 veces su altura, dependiendo del cultivo. La mejor eficacia se consigue cuando la orientación del cortaviento es perpendicular al viento y deben estar dispuestos en forma continua, sin existir espacios por donde el viento pueda formar un túnel y de este modo aumentar su velocidad.

**Manta Térmica o "anti helada"**. Se encuentra disponible en 17 y 30 g por m<sup>2</sup>, estabilizada a los rayos UV y permite un aumento térmico de 2-3°C. Su permeabilidad al agua y al aire permite tratar y regar los cultivos a través de la malla.

**Malla anti pájaros.** Es una red de polietileno de alta densidad, ligera, firme, suave y envolvente, es la mejor defensa pasiva contra los pájaros en los cultivos. Diseñada con un esquema textil especial, esta malla es capaz de rechazar a los pájaros sin aprisionarlos, permitiendo a la vez que la luz llegue a los cultivos subyacentes para que puedan continuar creciendo vigorosos. Su óptima ventilación evita la formación de hongos sobre los frutos.

**Malla antiáfidos.** Gracias a que su tejido es extremadamente ceñido, actúa como barrera contra insectos adversos tales como áfidos, evitando de esta manera la propagación de microorganismos como los virus. A diferencia de otros productos menos efectivos, estas permiten hasta un 50% de circulación del aire, además de ahorrar en productos antiparasitarios y agroquímicos.

**Bee net o antiabejas (polinizadores).** Esta red es fabricada con polietileno de alta densidad con protección UV. El objetivo es la producción de frutos sin semillas de alta calidad comercial, evitando que los insectos se acerquen y por ende la polinización cruzada, entre otros beneficios asociados a una disminución de radiación incidente, obteniendo así en forma indirecta mejor rentabilidad para el cultivo.

Mallas y cubre suelos

## Uso de Invernaderos

Los invernaderos son lugares cerrados destinados a la producción agrícola, con estructuras de madera o fierro, dotados habitualmente de una cubierta exterior transparente de vidrio o plástico. El invernadero permite propiciar el medio adecuado en cuanto a temperatura, humedad y demás factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas. A continuación se presenta un cuadro con las principales ventajas y desventajas de incorporar el uso de invernaderos al manejo de su predio.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Intensificación de la producción al permitir mayores densidades de plantas	✗ Inversión inicial elevada, por lo que se recomienda su uso en cultivos con altos retorno económicos
✓ Aumento de los rendimientos por unidad de superficie	✗ Desconocimiento de las estructuras puede llevar al fracaso. Estos deben ser diseñados y construidos en función de las condiciones ambientales de la zona y los requerimientos climáticos de el o los cultivos que se quiere producir
✓ Menor riesgo de producción al trabajar con un ambiente controlado que reduce el daño producido por eventos climáticos aleatorios	✗ Altos costos de producción, ya que los gastos de operación (electricidad y/o gas) son mayores que en un cultivo a campo abierto
✓ Uso más eficiente de los insumos (fertilizantes, agua) al tener un mayor control sobre las plantas	✗ Exige alto nivel de capacitación, por lo que los trabajadores deben recibir formación constante
✓ Mejor control de plagas, malezas y enfermedades debido a su hermeticidad	✗ Posibilidad de desarrollo de patógenos, ya que los patógenos disfrutará de las mismas condiciones óptimas que las plantas
✓ Posibilidad de cultivar todo el año, extendiendo la temporada de cultivo con el uso de calefactores (invierno) y ventiladores (verano)	✗ Su viabilidad depende altamente de la existencia de mercado, por lo que deben existir canales seguros de comercialización, previamente verificados
✓ Posibilidad de obtención de productos fuera de temporada que alcanzan mejores mercados.	
✓ Posibilidad de obtención de productos en regiones con condiciones climáticas restrictivas (extremas)	
✓ Mejor calidad de los productos al reducir la posibilidad de daños físicos (sol, viento, pestes)	
✓ Mayor comodidad y seguridad para realizar el trabajo, ya que el agricultor también se desempeña en un ambiente de condiciones controladas	

Tabla 9: Principales ventajas y desventajas del uso de invernaderos

**Tipos de invernadero.** Según diferentes parámetros podríamos tener distintas clasificaciones para los invernaderos, como por ejemplo según el **rango de temperaturas** a mantener en el invernadero (fríos- templados-cálidos); según los materiales de la **cubierta**; según los materiales de su **estructura**; según su **forma**. Los más comunes en la actualidad son los de plástico, (Imagen 34) con una amplia gama de estructuras, como tipo Parral o tipo Almería (Raspa y Amagao); tipo Capilla; tipo Gótico; tipo Asimétrico o Tropical; tipo Túnel. También existen invernaderos de cristal e invernaderos de malla para sombra.

El invernadero de Capilla es de fácil instalación y tiene las ventajas de tener pocos obstáculos en su estructura, buena ventilación y buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero. Además permite la instalación de ventilación cenital, así como ventilación perimetral.

El invernadero tipo Túnel es un invernadero barato y sencillo, de montaje rápido y sin soldaduras. Tiene un buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero, permite la instalación de sistemas de climatización y ofrece una mejor capacidad de control del clima que el invernadero plano. Además reduce considerablemente el problema de la condensación y el goteo del agua en los cultivos debido a la cubierta curva, la cual favorece la evacuación hacia las paredes del agua proveniente de la condensación en la cubierta plástica. Este invernadero permite la instalación de ventanas cenitales y



Imagen 34: Cultivo de alstroemerias bajo invernadero, comuna de Petorca  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## ADAPTACIÓN 4 - MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Con el cambio climático también se han visto variaciones en la incidencia de plagas y enfermedades. Diversas investigaciones han demostrado la fluctuación en la incidencia de plagas tanto en zonas templadas como en tropicales, asociadas a eventos de periodo de sequía y combinación de sequía y humedad relativa alta. Además, los eventos extremos de clima pueden incidir sobre cambios en la dispersión de insectos o plagas exóticas y alteración en la población de insectos benéficos controladores de plagas.

### Prácticas de manejo para el control de plagas y enfermedades bajo condiciones de cambio climático

- Monitoreo de presencia de plagas e incidencia de enfermedades.
- Identificar los ciclos de vida de plagas y enfermedades para realizar aplicaciones fitosanitarias, con el objetivo de romper estos ciclos de vida.
- Realizar un manejo integrado que permita conservar o mantener las poblaciones de las especies benéficas.
- El policultivo o agrobiodiversidad que favorece que se presenten insectos u hongos benéficos que reducen la población de plagas.
- Manejar una adecuada densidad de siembra para controlar las condiciones de microclima en dentro cultivo.
- La implementación de barreras vivas o cercas vivas para limitar la entrada o dispersión de nuevas plagas al cultivo.

Para mayor información, consultar en AFIPA

<http://www.afipa.cl/web/index.php/2014-11-16-14-33-25/manejo-integrado-de-plagas>

## 5. ¿QUÉ HACER FRENTE A LAS EMERGENCIAS?

### EMERGENCIAS: Adaptaciones claves al cambio climático

#### ADAPTACIÓN 1: PREVENCIÓN Y MANEJO

##### Herramientas para entender la vulnerabilidad y resiliencia

Existen distintas herramientas y enfoques para aumentar la capacidad de adaptación de la comunidad y toma de conciencia respecto a las condiciones climáticas. Algunas herramientas son: el **monitoreo del clima, modelos climáticos, sistemas de alerta temprana y evaluación de vulnerabilidad.**

El **monitoreo** del clima se refiere a observar los distintos aspectos del clima (precipitación, temperatura, tormentas) para entender la historia del área y su actual exposición a eventuales peligros climáticos. Es importante que las comunidades monitoreen su clima local estableciendo redes de estaciones meteorológicas, con registros diarios de datos que pueden ser usados para sus fines propios o para compartirlos con la comunidad científica.

Los **modelos climáticos** se construyen con datos recolectados de la atmósfera, GEI, océanos, continentes y zonas polares, que al combinarse en simulaciones computacionales se utilizan para predecir el clima futuro al que estaremos expuestos. Los modelos pueden predecir cómo se comportarán los patrones de lluvia, temperaturas, nivel del mar y tormentas en el futuro y cómo afectarán el ambiente. La calidad de las predicciones está permanentemente mejorando y el estudio de estos modelos es un proceso constante.

Los **sistemas de alerta temprana** son aquellos que informan a la población de posibles inundaciones, tormentas de viento, aluviones, etc. En el caso de cambio climático, también podrían informar sobre posibles sequías, brotes de plagas, peligro de incendios, etc. En el caso de las precipitaciones, esta información puede ayudar a los agricultores a decidir que cultivos plantar y cuanta superficie.

La **evaluación de vulnerabilidad** es una herramienta que ayuda a la comunidad a analizar su capacidad de respuesta, identificar potenciales riesgos y desarrollar planes para reducir su vulnerabilidad frente a estos riesgos. Para que esta evaluación sea exitosa, toda la población que pueda aportar información importante debe participar, por ejemplo líderes comunitarios, expertos locales, mujeres, ancianos, agencias de desarrollo, gobiernos locales.

A nivel local, es importante que las autoridades realicen estudios de ordenamiento territorial en donde se determinen cuáles son las áreas de riesgo. A partir de eso y en conjunto con la población, se deben elaborar los planes de emergencia. El desarrollo de estas actividades requiere de acciones que tiendan a fortalecer la organización de la sociedad civil. La comunidad debe mantener registros actualizados, inventarios e información adecuada para enfrentar las situaciones de emergencia (Imagen 35).



Imagen 35: Efecto de aluvión en predio agrícola  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

## 6. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Se entiende por mitigación al cambio climático a las medidas que tiendan a mantener estables los niveles de carbono en la atmósfera y así impedir que siga aumentando el calentamiento global. Esto se puede lograr reduciendo las emisiones antropogénicas de gases con efecto invernadero (GEI), o que aumentando la capacidad de secuestrar carbono en la tierra.

Algunos ejemplos de medidas de mitigación son disminuir el uso de combustibles fósiles, promocionar el uso de energías alternativas, aumentar la eficiencia energética doméstica, promover cambios en las prácticas agrícolas, e incentivar cambios en los hábitos de consumo de las personas, entre otros. Si bien la pequeña agricultura de la zona norte de Chile tiene un impacto relativamente bajo en la generación de GEI, para lograr los efectos significativos en mitigación es necesario un acuerdo colectivo, y es por ello que los países firman acuerdos mundiales al respecto. La pequeña agricultura puede ya tomar acciones concretas que individualmente van a contribuir en esta causa.

Algunas medidas de mitigación que se pueden implementar en la agricultura de la zona son evitar la deforestación y mejorar el manejo de la producción vegetal. También es necesario reducir el uso de combustibles fósiles, la contaminación domiciliaria, la quema de residuos agrícolas.

### Energía solar Fotovoltaica

Por lo general, la agricultura está asociada a costos energéticos en procesos tales como riego, mecanismos de control de heladas y -en algunos casos- diferentes procesos agroindustriales. Es por ello que el sector está buscando soluciones para disminuirlos, especialmente a través de aumentar la eficiencia energética. Últimamente también se ha impulsado algunas soluciones más innovadoras, como sistemas de Energías Renovables No Convencionales (ERNCC)

En la zona norte, la energía solar se presenta como una gran alternativa. Las múltiples aplicaciones de la esta energía y la flexibilidad de instalación de los sistemas fotovoltaicos hacen que los proyectos a pequeña escala sean cada vez más importantes. Un ejemplo de esto son las “bombas solares” y sistemas de riego energizados con sistemas fotovoltaicos. Estos equipos están conformados principalmente por paneles fotovoltaicos y bombas de riego. Los paneles entregan la electricidad necesaria para bombear el agua y de esta manera regar los cultivos de los pequeños agricultores.

Dentro de sus desventajas, esta tecnología tiene el problema que la generación de energía es imprevisible, no siempre hay coincidencia entre la disponibilidad y la demanda y que adicionalmente la posibilidad de almacenamiento de excedentes de energía es cara y difícil. Además, las bombas de energía solar tienen una inversión inicial alta. Sin embargo, en el largo plazo el agricultor se ve favorecido al no depender de la matriz energética ni del precio del combustible y generar sus propios recursos energéticos a nivel domiciliario. La energía solar fotovoltaica genera energía de apoyo para procesos productivos de alimentos y además crea una diferencia que hace ganar competitividad en la producción

## 7. RECOMENDACIONES

Entender el cambio climático significa ser capaces de responder en forma activa, oportuna y planificada ante los desafíos impuestos por los nuevos patrones de comportamiento del clima. En este sentido, la zona Norte del país cuenta con una cultura de adaptación, ya que los fenómenos descritos en este manual no le son ajenos, pero resulta relevante entender que los eventos climáticos extremos, serán cada vez más frecuentes y de mayor intensidad.

Las estrategias para adaptarse a esta dinámica condición son diversas y abarcan desde prácticas de manejo, capacitación, organización comunitaria hasta políticas regionales y nacionales en relación al recurso hídrico. Tal vez la recomendación más directa y efectiva a aplicar en la zona Norte dice relación con la implementación de medidas que reduzcan en forma directa la vulnerabilidad frente al riesgo impuesto por el cambio climático (Imagen 36).

En este sentido y considerando que el mayor riesgo para la zona Norte es la falta de agua, ya que esta condición hace inviable la agricultura, es que se plantea invertir en infraestructura de almacenamiento, dado que esto permitirá el desfase temporal entre los escasos momentos de oferta hídrica (escasas lluvias muy intensas) y los períodos de demanda por agua de riego que normalmente se extienden por 6 a 10 meses del año, dependiendo de la zona y el cultivo. El almacenamiento debe ser planificado a nivel de cuenca y predio, considerando así almacenamiento estacional y de regulación corta. Para que esta estrategia de almacenamiento sea efectiva, se requerirá de una red de distribución, planificada y auditable de forma tal que minimice las pérdidas, que sea de baja vulnerabilidad ante eventos como aluviones y que, idealmente, aproveche la energía potencial producto de la diferencia de altura entre los puntos de conducción, esto se logra con conducciones entubadas y presurizadas.



Imagen 36: Panel fotovoltaico para zona de cultivo, comuna Alto del Carmen  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR

Una segunda línea de adaptación dice relación con el uso eficiente del agua de riego, siendo la implementación de sistemas de riego localizado de alta frecuencia una eficiente herramienta, siempre y cuando vaya acompañada de una correcta gestión del recurso y una férrea y continua capacitación de los usuarios. Es aquí que la planificación predial, la incorporación de especies de bajo requerimiento hídrico y una visión de productividad del agua (kilogramos de producción por metro cúbico aplicado) pasa a ser la visión más adecuada para un uso más efectivo y eficiente del recurso.

La agricultura en ambientes controlados como lo son los invernaderos, túneles y cultivo bajo malla, permiten protección contra temperaturas extremas, fuertes vientos, pájaros e insectos. Todo esto implica la necesidad de agricultores "profesionales", con sólidos conocimientos o con una red de apoyo que nace de programas de capacitación y extensión continuos que recibe información aplicable y transferible de las universidades y centros de investigación.

Estudios e inversiones de mayor envergadura requerirán de la intervención del Estado Chileno y de los Gobiernos Regionales. Para que estos programas, políticas y estudios se puedan implementar (Imagen 37), se requiere de una sociedad civil organizada, para lo que el fortalecimiento y formación de Organizaciones de Usuarios se hace indispensable.

Es así que la adaptación al Cambio Climático, requiere de un Cambio de mentalidad de todos los actores involucrados, tomando conciencia de los efectos de nuestro actuar sobre el ambiente. Es así que el desarrollo de conciencia es el primer paso para adaptarse a un planeta en permanente cambio que se refleja a través del clima pieza fundamental de la producción agrícola.



Imagen 37: Actividad de capacitación, comuna de Río Hurtado  
Fuente: Programa de adaptación al cambio climático zona norte. CNR



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

