



# Manejo hídrico en frutales bajo condiciones edafoclimáticas de Limarí y Choapa

Autores:

Giovanni Lobos L., Ariadna Veas V., Claudio Balbontín N.  
Víctor Muñoz A., Nicolás Franck B., Alvaro Portilla S.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

BOLETÍN INIA / Nº 355

ISSN 0717-4829







# Manejo hídrico en frutales bajo condiciones edafoclimáticas de Limarí y Choapa

**Autores:**

**Giovanni Lobos L.**

**Ariadna Veas V.**

**Claudio Balbontín N.**

**Víctor Muñoz A.**

**Nicolás Franck B.**

**Álvaro Portilla S.**

**INIA INTIHUASI**

**La Serena, Chile, 2017**

**BOLETÍN INIA N° 355**

ISSN 0717 - 4829



El presente Boletín forma parte del proyecto denominado “Transferencia tecnológica en agronomía del riego y fortalecimiento de frutales con bajo requerimiento hídrico para la Agricultura Familiar Campesina Regional”, financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo, a través del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC).

**Autores:**

Giovanni Lobos Lobos, Ingeniero Agrónomo, INIA Intihuasi  
Ariadna Veas Villalobos, Ingeniera Agrónoma, INIA Intihuasi  
Claudio Balbontín Nesvara, Ingeniero Agrónomo, M.C., Dr., INIA Intihuasi  
Víctor Muñoz Aravena, Ingeniero Agrónomo, CEZA Universidad de Chile  
Nicolás Franck Berger (†), Ingeniero Agrónomo, Ph.D., M.Sc., CEZA Universidad de Chile  
Álvaro Portilla Salas, Ingeniero Agrícola, INIA Intihuasi

**Directora Responsable:**

Constanza Jana A., Ingeniera Agrónoma, M.Sc., Dra.  
Directora Regional INIA Intihuasi

**Comité Editor:**

Angélica Salvatierra G., Ingeniera Agrónoma, Ph.D.  
Andrés Zurita-Silva, Ingeniero Agrónomo, Mg.Sc., Dr.  
Érica González V., Técnica en Biblioteca  
Karinna Maltés R., Periodista.

**Boletín INIA N° 355**

**Cita Bibliográfica Correcta:**

Lobos, L., G., A. Veas V., C. Balbontín N., V. Muñoz A., N. Franck B., y A. Portilla S. 2017. Manejo hídrico en frutales bajo condiciones edafoclimáticas de Limarí y Choapa. 58p. Boletín INIA N° 355. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INIA Intihuasi, La Serena, Chile.

© 2017. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Centro Regional de Investigación INIA Intihuasi. Colina San Joaquín s/n, La Serena, Centro Experimental Choapa, Parcela San Rafael s/n, Cuz-Cuz, Illapel, Teléfono (56-53) 2521104, Región de Coquimbo.

ISSN 0717-4829

Autorizada su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos V., Diseñador Gráfico.  
Impresión: Gráfica Andes Ltda.  
Cantidad de ejemplares: 1.400

La Serena, Chile, 2017

# Índice de contenidos

Capítulo 1.	
Introducción	5
Capítulo 2.	
Evolución de superficie plantada de frutales en las provincias de Limarí y Choapa	7
Capítulo 3.	
Descripción de las características edafoclimáticas de los valles de Limarí y Choapa	13
3.1. Descripción de los suelos de las zonas intervenidas	13
3.2. Datos agroclimáticos de las localidades de Limarí y Choapa	22
Capítulo 4	
Determinación del coeficiente del cultivo (kcb) a través del índice de vegetación normalizada (NDVI) en las especies de nogal, vid pisquera y duraznero temprano	27
Capítulo 5	
Requerimientos hídricos de las especies frutales	35
5.1. Interacción clima y cultivo	35
5.2. Estimación aporte hídrico semanal por planta para frutales	37

## Capítulo 6

Frutales de bajo requerimiento hídrico: higuera y tuna	41
6.1. La higuera ( <i>Ficus carica</i> L.)	41
6.1.1. Diferencia entre higos y brevas	42
6.1.2. Plantación	42
6.1.3. Poda de formación	43
6.1.4. Poda de producción	46
6.1.5. Requerimientos hídricos y fertilización	48
6.1.6. Cosecha y rendimientos	48
6.2. La tuna ( <i>Opuntia ficus-indica</i> L. Mill.)	49
6.2.1. Plantación	49
6.2.2. Poda de formación	50
6.2.3. Poda de producción	52
6.2.4. Raleo	53
6.2.5. Requerimientos hídricos y fertilización	54
6.2.6. Cosecha y rendimientos	54

## Capítulo 7

Referencias bibliográficas	57
----------------------------	----

# Capítulo 1.

## Introducción

**Giovanni Lobos L.,**  
Ing. Agrónomo  
globos@inia.cl

El déficit hídrico que se generó en la Región de Coquimbo debido a la falta de precipitaciones durante los años 2005 al 2015, impactó negativamente sobre la fruticultura, disminuyendo la superficie plantada de las especies de mayor sensibilidad, como paltos, y generando la disminución de los rendimientos y la calidad de la fruta de las especies como vid de mesa, vides pisqueras, nogales y cítricos.

Ante esta situación, durante este periodo el Estado de Chile destinó mayores recursos para mitigar los efectos de la situación hídrica, lo que permitió aumentar la superficie de huertos regados a través de la tecnificación y, generar programas de apoyo a los productores para optimizar el uso del agua tanto a nivel intra como extra predial.

En este caso, el Gobierno Regional de Coquimbo a través del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), ha permitido financiar desde el 2013 a la fecha, diversas iniciativas enfocadas a generar innovación o protocolos de manejos para las especies hortofrutícolas de la Región, bajo el escenario de déficit hídrico, con el objetivo de dar sustentabilidad a la agricultura local y mantener los estándares de productividad y calidad de la fruta.

Bajo estas iniciativas, a partir de noviembre del 2015, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Intihuasi, comenzó a ejecutar en las provincias de Limarí y Choapa el proyecto **“Transferencia tecnológica en agronomía del riego y fortalecimiento de frutales con bajo requerimiento hídrico para la agricultura familiar campesina regional”**. El objetivo es transferir prácticas agronómicas de manejo del riego y de opciones de frutales adaptadas a baja disponibilidad de agua que permitan optimizar el uso de los recursos hídricos.

El componente de transferencia es el pilar fundamental del proyecto, el cual contempló el trabajo y difusión de manejo agronómico, a través de 14 parcelas demostrativas, de nogales, vides pisqueras, durazneros tempraneros, así como también en módulos demostrativos distribuidos entre las provincias de Limarí y Choapa de higueras y tunas, cultivos que tienen gran proyección en la Región por su bajo requerimiento hídrico.

El manejo agronómico de cada una de las especies, está reflejado en este boletín, material que está orientado a profesionales, técnicos y productores ligados a los frutales ya descritos, permitiendo ser una herramienta y guía de trabajo para enfrentar los periodos de escasez hídrica.

## Capítulo 2.

# Evolución de superficie plantada de frutales en las provincias de Limarí y Choapa

**Giovanni Lobos L.,**

Ing. Agrónomo

globos@inia.cl

La Región de Coquimbo presenta aproximadamente 34.686 hectáreas de frutales establecidos de acuerdo a lo informado por ODEPA-CIREN (2015), siendo las vides de mesa y pisqueras las que presentan la mayor superficie plantada, con 16.773 ha, seguidos por paltos con 5.024 ha, olivos con 3.437 ha y nogales con 2.466 ha. Durante los periodos 2005 y 2015, tanto vides de mesa y pisqueras como paltos, fueron los que presentaron la mayor variación negativa de la superficie plantada, esto se debió principalmente a la baja oferta hídrica que presentó la Región a fines del 2014, lo que generó que la capacidad embalsada regional fuera de sólo el 5%, siendo la Provincia de Limarí la que sufrió mayores consecuencias, disminuyendo aproximadamente en un 8% la superficie plantada con frutales, especialmente en vides y paltos, tal como lo demuestra el **Cuadro 1**.

A pesar de la baja oferta hídrica, hubo algunos frutales que aumentaron su superficie en los períodos de déficit hídrico, como cítricos que aumentaron un 70% su superficie, almendros con un 223%, nogales con 185% y olivos con un 201% , frutales que se adaptan mejor a este escenario.

**Cuadro 1.** Variación de la superficie plantada con frutales (hectáreas) entre los periodos 2005 y 2015 para las provincias de Limarí y Choapa.

Especie	Limarí			Choapa		
	2005	2011	2015	2005	2011	2015
Vid Pisquera	6.028,3	5.052,7	5.447,5	1.474,8	1.211,7	1.370,8
Vid de mesa	3.000,5	7.321,7	5.861,9	0,0	182,6	57,2
Paltos	2.992,5	1.573,4	2.659,1	602,9	1.613,3	1.904,6
Nogales	424,2	768,8	921,7	387,5	798,1	1.439,2
Damascos	12,8	4,5	4,5	394,5	345,2	252,2
Almendros	343,8	1.260,0	1.141,0	13,9	10,0	8,6
Arándanos	21,2	117,1	92,8	10,3	132,6	138,1
Olivos	1.080,6	2.503,4	2.782,9	89,9	69,5	132,3
Durazneros	113,4	75,7	45,2	12,1	14,9	13,9
Mandarinas	1.120,9	1.639,2	1.904,6	34,4	47,7	131,0
Naranjos	371,9	684,0	605,5	35,7	109,4	77,7
Limonos	537,7	333,8	328,6	23,5	14,4	63,4
<b>Superficie total</b>	<b>16.047,7</b>	<b>21.334,3</b>	<b>21.795,3</b>	<b>3.079,5</b>	<b>4.549,4</b>	<b>5.589,0</b>

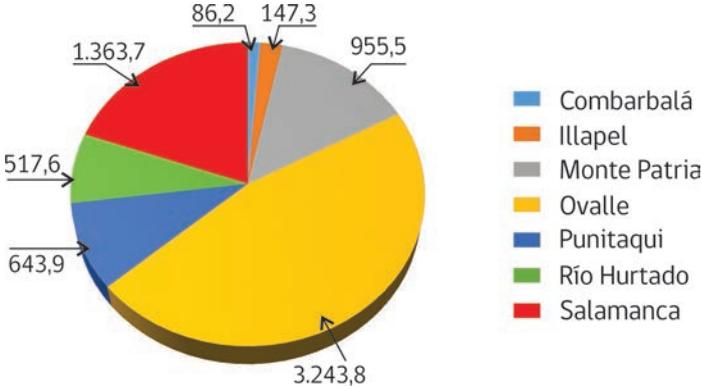
Fuente: ODEPA-CIREN (2005-2011-2015).

En el Cuadro 1, se aprecia el cambio de superficies en tres periodos: 2005, 2011 y 2015, comparando la evolución de la superficie plantada de las principales especies frutales establecidas en las provincias de Limarí y Choapa, a través de los Catastros Frutícolas de ODEPA-CIREN. A pesar de que la Provincia de Limarí concentró la mayor superficie plantada de cítricos, la variación de superficie entre el periodo 2005 y 2015, fue de un 135%, mientras que Choapa tuvo una variación de 185%. Esto se debió principalmente a que la Provincia de Choapa es una de las cuencas de la Región que mayor seguridad de riego presentó durante el periodo seco, lo que permitió otorgar mayor seguridad hídrica a las nuevas plantaciones.

Para el caso de la Provincia de Limarí, tanto la vid de mesa como vid pisquera, son las que representan la mayor superficie plantada con 26,9% y 25%, seguidos de olivos con un 12,8%, paltos 12,2% y mandarinos con un 8,5%, mientras que en la Provincia de Choapa, la mayor superficie plantada corresponde a paltos con un 34,8%, seguido de nogales con 25,8%, vid pisquera con un 24,5% y damascos

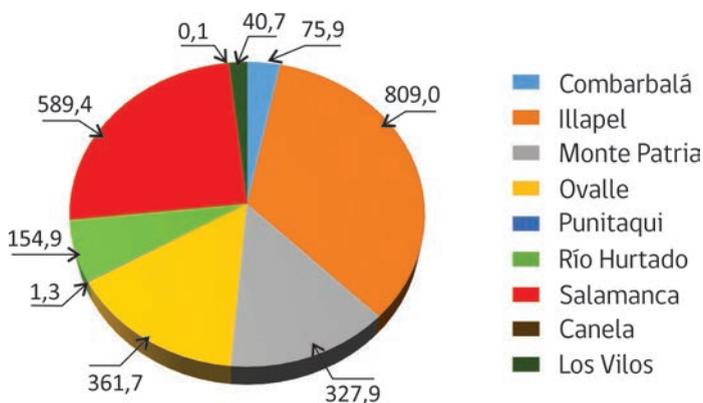
con un 4,5%. Cabe destacar que a pesar de que los damascos sólo presentan un 4,5% de la superficie plantada de la Región, a nivel nacional corresponde al 30%, siendo una de las zonas con mayor presencia del cultivo, destacando principalmente los huertos ubicados en las localidades de Chillépín y Tranquilla, al interior de la provincia del Choapa.

En cuanto a las especies que fueron intervenidas en el proyecto, corresponden a vides pisqueras, nogales, durazneros tempraneros, higueras y tunas, especies que se encuentran distribuidas en la totalidad de las comunas de Limarí y Choapa. En cuanto a vides pisqueras (**Figura 1**), la mayor superficie plantada se encuentra en la comuna de Ovalle con el 46,6%, seguida de la comuna de Salamanca que presenta el 19,65. El destino de la producción de vides pisqueras se concentra principalmente para la elaboración de destilados, fruta que es adquirida casi en su totalidad por las Cooperativas Capel y Control.



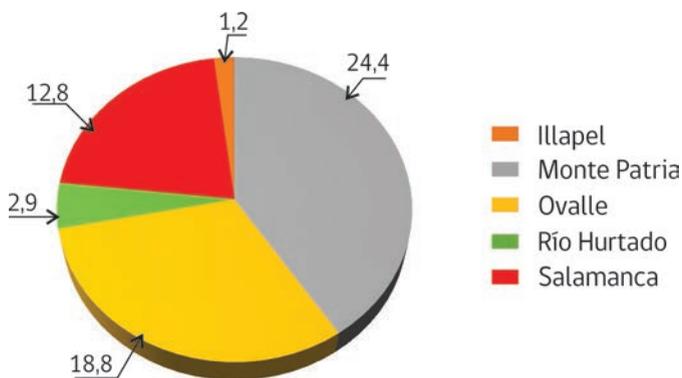
**Figura 1.** Distribución de la superficie de vides pisqueras por comuna de Limarí y Choapa. Fuente: Catastro Vitícola (2015).

En cuanto a nogales (**Figura 2**), la mayor superficie se encuentra ubicada en la comuna de Illapel con un 34,3%, le sigue la comuna de Salamanca con un 25% y el resto de los huertos se distribuye en la Provincia de Limarí, siendo Ovalle, la comuna con más nogales un 15,3%. De las 2.466 ha de nogales, el 65% se encuentra en producción, fruta que se exporta en un 80% por el puerto de Coquimbo con destino a Europa, Turquía y Brasil principalmente, en los formatos de cáscara y en pulpa.



**Figura 2.** Distribución de la superficie de nogales (ha) distribuidas por comuna. Fuente: ODEPA-CIREN (2015).

Los durazneros (**Figura 3**), ya sean para fresco o conserva, presentan una menor superficie regional con 61,9 ha, especie que disminuyó en un 193% si se comparan las superficies de 2005 y de 2015. Monte Patria es la comuna donde se concentra la mayor superficie con un 40,6%, seguido por Ovalle con 31,3% y Salamanca con 21,3%. El destino de la fruta es el mercado nacional, principalmente Santiago, en la Feria de Lo Valledor, desde donde se distribuye a distintas partes de Chile.



**Figura 3.** Distribución de la superficie de duraznos (ha) por comuna. Fuente: ODEPA-CIREN (2015).

En cuanto a higueras, la comuna de Monte Patria es la que abarca el 100% de la superficie entre Limarí y Choapa y en caso de la tuna, la comuna de Ovalle es la que presenta mayor superficie, con 41,4 ha, seguido de Combarbalá que presenta 3,9 ha. El destino de la fruta de higuera y tuna es principalmente mercados locales, de compradores de Ovalle, quienes se encargan de distribuir la fruta a otros puntos del país.



## Capítulo 3.

# Descripción de las características edafoclimáticas de los valles de Limarí y Choapa

**Ariadna Veas V.,**

Ing. Agrónoma

ariadna.veas@inia.cl

**Víctor Muñoz A.,**

Ing. Agrónomo

victormunoz.uchile@gmail.com

**Giovanni Lobos L.,**

Ing. Agrónomo

globos@inia.cl

**Álvaro Portilla S.,**

Ing. Agrícola

alvaro.portilla@inia.cl

## 3.1. Descripción de los suelos de las zonas intervenidas

El manejo agronómico óptimo de frutales involucra diversos factores que deben ser analizados, para disminuir los errores y obtener los mayores rendimientos productivos, para lo cual se debe conocer dónde se encuentran establecidos los huertos referentes con respecto a las condiciones de suelo, así como las condiciones de clima.

Para este caso al inicio de proyecto, se realizó la descripción de 15 suelos en los cuales se encuentran establecidas las especies de vides pisqueras, nogales, durazneros, higueras y tunas, suelos que son representativos de los valles de Limarí y Choapa, con el objetivo de conocer tanto sus características como limitaciones, y poder manejar de forma eficiente el riego, en lo que respecta a los tiempos y sus frecuencias. En el **Cuadro 2** se detallan las principales características de cada predio, la mitad de los huertos en estudio se establecieron sobre laderas de cerros, mayoritariamente escarpadas, mientras que el resto se hizo en mesetas, sobre quebradas a diferentes alturas del relieve, así como en llanuras.

**Cuadro 2.** Características de suelo observadas mediante el uso de calicatas en cada una de las parcelas demostrativas.

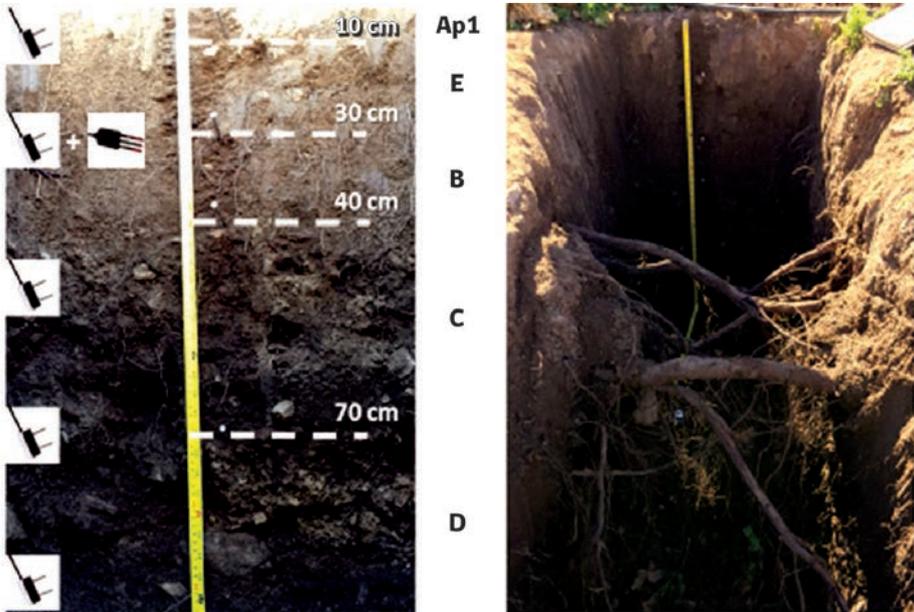
N°	Localidad	Agricultor	Posición Fisiográfica	Origen suelo	Textura	Drenaje	Pedregosidad superficial
1	Cabreña	Elena Fellay	Meseta sobre quebrada (terrazza plana)	<i>In situ</i>	Franco arenoso	Drenado en superficie	5%
2	Pulpica Bajo	Aquiles Henott	Ladera de cerro (escarpado)	Coluvial	Arcillo-franco arenoso	Drenado en superficie	20%
3	Infiernillo	Francisco González	Meseta sobre quebrada	Aluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	No observado
4	Chilecito	Aroldo Cortés	Meseta sobre quebrada, relieve bajo	Aluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie con presencia de capa freática	30%
5	Algarrobo	Hernán Vásquez	Meseta sobre quebrada, relieve intermedio	Coluvial	Arcilloso	Drenado en superficie con presencia de capa freática	30%
6	Huampulla	Solano Portilla	Meseta sobre quebrada, relieve bajo	Aluvial	Franco arcilloso	Drenado en superficie con presencia de capa freática	Escasa a nula
7	Chaguaral	Cristian Araya	Ladera de cerro (escarpado)	Coluvial	Franco arcilloso	Drenado en superficie	2%
8	Chaguaral	Alex Fuentes	Ladera de cerro	Coluvial	Franco arcilloso	Drenado en superficie	3%
9	Mialqui	Arturo Cortés	Meseta plana	Aluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	5%
10	Rapel	Javier Bou	Ladera de cerro (escarpado)	Coluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	3%
11	Rinconada	José Adomís	Ladera de cerro	Coluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	1%
12	Cerrillos de Rapel	Gabriel Michea	Ladera de cerro (escarpado)	Coluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	1%
13	Chillepín	Parcela El Barraco	Ladera de cerro (escarpado)	Coluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	50%
14	Cuncumén	Rodrigo Rojas	Llanura	Aluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	4%
15	Chillepín	Juan Castro	Ladera de cerro (escarpado)	Coluvial	Franco arenoso	Drenado en superficie	30%

La mayoría de los suelos descritos corresponden a depósitos sedimentarios del tipo aluvial, o coluvial de material transportado por corrientes de agua y depositados a lo largo de ésta, mientras que otro porcentaje son suelos formados *in situ* por la meteorización de la roca, siendo arrastrados más tarde desde su lugar de origen por efecto de la gravedad.

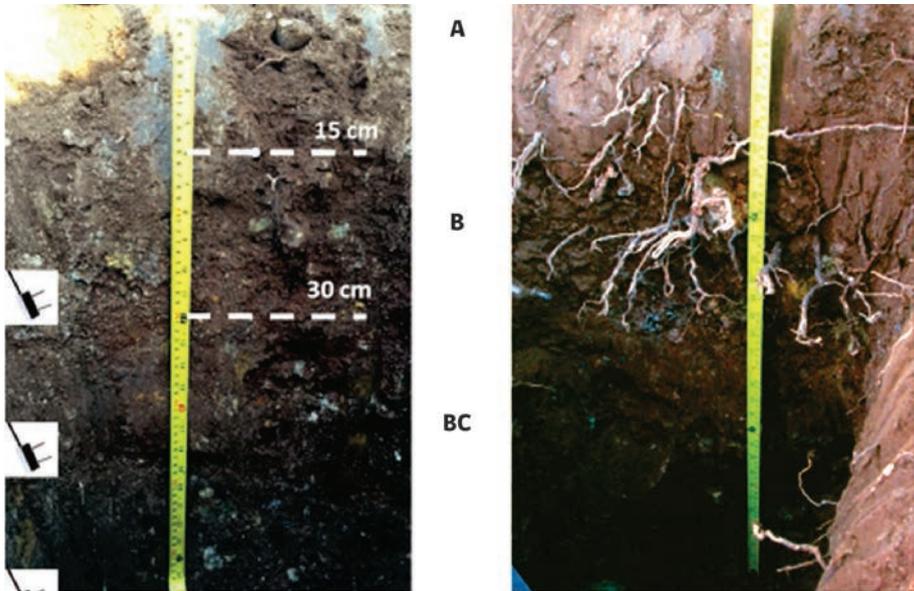
La textura de suelo predominante es franco-arenosa, seguido por franco-arcillosa, la presencia de pedregosidad es variable, con porcentajes entre 0% y 50% dependiendo del huerto en evaluación, siendo sobre 30% limitante para labores de mecanización y retención de humedad del suelo, induciendo un posible estrés hídrico en periodos de mayor demanda ambiental si el contenido de humedad no es el adecuado; la erosión a la que los suelos están expuestos es hídrica eólica.

Respecto al almacenaje de agua, los suelos observados presentan algún tipo de limitación ya sea por la pedregosidad, tal como se mencionó previamente, o por la presencia de arena a lo largo del perfil, dificultando la retención de humedad. No obstante, la totalidad de los huertos se observó en buen estado hídrico, al igual que aquellos insertos en una matriz con presencia de arcilla. La totalidad de los suelos tiene buen drenaje en superficie, mientras que la capa freática sólo tuvo incidencia en suelos cercanos a lecho de río.

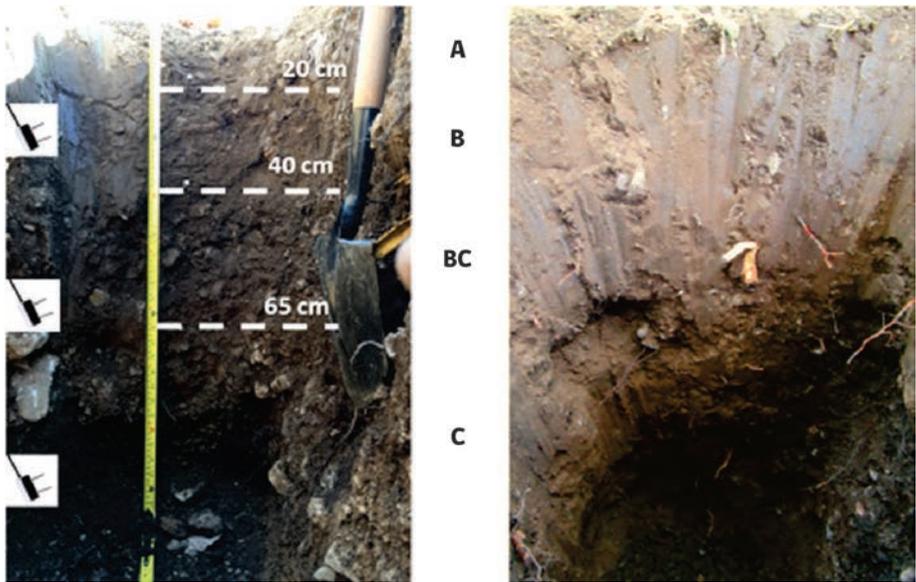
Por otra parte, la profundidad de éstos, está definida por la aparición de tertel, piedras de volumen considerable, o la transición a lecho rocoso, determinando suelos con una profundidad entre 50 a 90 cm. La distribución de raíces dependió de la especie en estudio y la profundidad efectiva, por ende se observó que en nogal el 100% de éstas se ubicó en promedio entre 0-70 cm (**Figura 4**), en vid pisquera entre 0-20 cm (**Figura 5**), en duraznero entre 0-45 cm (**Figura 6**), higuera entre 0-40 cm (**Figura 7**) y tuna, entre 0-30 cm (**Figura 8**).



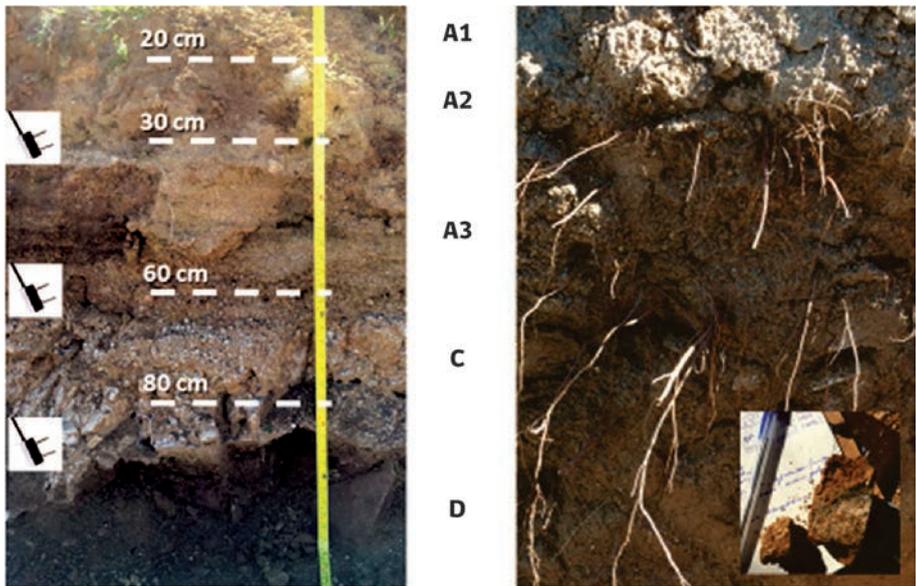
**Figura 4.** Descripción visual de estratas (izquierda) y distribución de raíces de nogal cv. Serr (derecha), en parcela demostrativa de Elena Fellay, sector Cabrería, Monte Patria.



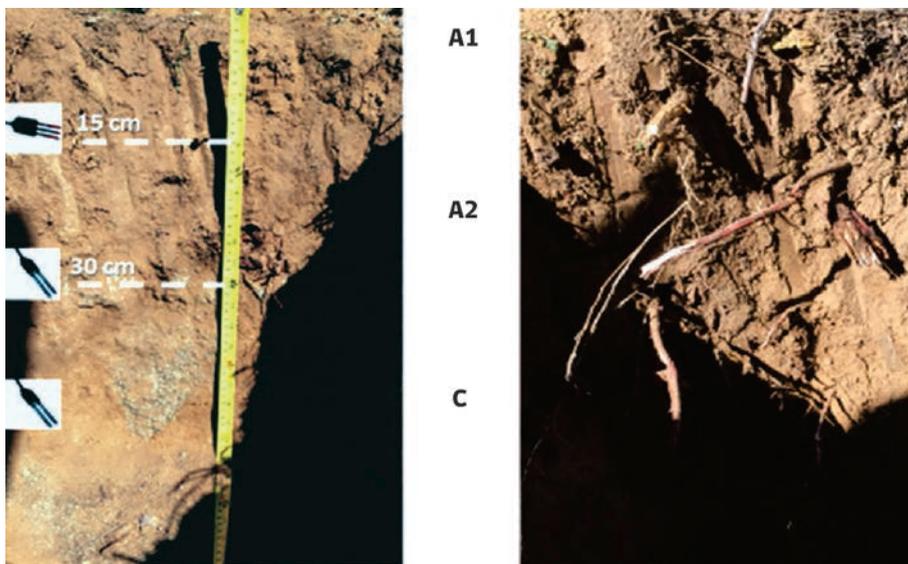
**Figura 5.** Descripción visual de estratas (izquierda) y distribución de raíces de vid pisquera cv. Pedro Jiménez (derecha), en parcela demostrativa de Hernán Vázquez, sector Algarrobo, Ovalle.



**Figura 6.** Descripción visual de estratas (izquierda) y distribución de raíces de duraznero cv. Florida King (derecha), en parcela demostrativa de Alex Fuentes, sector Chagural, Monte Patria.



**Figura 7.** Descripción visual de estratas (izquierda) y distribución de raíces de higuera cv. Black Mission (derecha), en parcela demostrativa de Javier Bou, sector Tomé de Rapel, Monte Patria.



**Figura 8.** Descripción visual de estratas (izquierda) y distribución de raíces de tuna, ecotipo local (derecha), en parcela demostrativa de Gabriel Michea, sector Cerrillos de Rapel.

La capacidad de uso (CCU, Ciren 2014) fue diversa, desde un suelo Clase I sin restricciones para el desarrollo de la actividad agrícola hasta suelos no aptos para el rubro (Clase VIII), no obstante, la mayoría se ubicó entre las categorías III y VII, siendo suelos con algún tipo de limitante en diverso grado para la actividad agrícola (pendiente, erosión, drenaje, retención de humedad). Sin embargo, los agricultores han sabido soslayar las condiciones locales del terreno, permitiendo el desarrollo de la fruticultura (**Cuadro 3**).

**Cuadro 3.** Series de Suelo (SS) y Clase de Capacidad de Uso (CCU) de las localidades en que se ubican las parcelas demostrativas.

N°	Localidad	Agricultor	N° Serie Suelo	Código	Serie de Suelo	Clase de Capacidad de Uso	
						Suelo 1	Suelo 2
1	Cabrería	Elena Fellay	156	1847C	Quebrada Cabrería	Clase II	Clase III
2	Pulpica Bajo	Aquiles Henott	181	1859D	Caren	Clase VIII	
3	Infiernillo		144	1843C	Potrerrillos Altos	Clase VIII	
			141	1842D	El Acacio	Clase VIII	
4	Chilecito	Aroldo Cortés	154	1846C	Cerrillos de Rapel	Clase IV	Clase VII

### Continuación del Cuadro 3.

N°	Localidad	Agricultor	N° Serie Suelo		Serie de Suelo	Clase de Capacidad de Uso	
			Código			Suelo 1	Suelo 2
5	Algarrobo	Hernán Vásquez	104	1813D	Romeralcillo	Clase II	Clase III
			125	1829B	Quebrada El Rincón del Sauce	Clase II	Clase III
6	Huampulla	Solano Portilla	107	1815A	Huampulla	Clase III	
7	Chaguaral	Cristian Araya	184	1860C	Pedregal	Clase II	Clase III
8	Chaguaral	Álex Fuentes	184	1860C	Pedregal	Clase IV	
9	Mialqui	Arturo Cortés	154	1846C	Cerrillos de Rapel	Clase VII	
10	Rapel	Javier Bou	155	1846D	Rapel	Clase VII	
11	Rinconada	José Adonis	168	1855C	La Ortiga	*	
12	Cerrillos de Rapel	Gabriel Michea	154	1846C	Cerrillos de Rapel	*	Clase VII
13	Chillepín	Parcela El Barraco	302	1963A	Estero Quelén	Clase VII	
14	Cuncumén	Rodrigo Rojas	304	1964A	Llano de la Vieja	Clase I	
15	Chillepín	Juan Castro	305	1964B	Los Llanos	Clase IV	
			288	1952C	*		

Nota: Los asteriscos (\*) indican que no existe información para esa parcela respecto al nombre de la SS y la CCU. Fuente SS: CIREN, 2005. Estudio Agrológico IV Región. Publicación CIREN N°129. Fuente CCU: <http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/> (CIREN, 2014; consultado en agosto de 2016).

En el **Cuadro 4**, se individualizan los cultivos que se encuentran establecidos en cada localidad. Los suelos no presentan limitaciones restrictivas para el desarrollo de la planta desde su establecimiento, sino que, el factor que ha generado restricción para los potenciales productivos ha sido la baja oferta hídrica que tuvieron los frutales durante el periodo 2010–2015, lo que impactó en un menor desarrollo foliar de la planta, lo que se traduce en menor cantidad de centros productivos y bajo rendimiento, situación que los productores fueron paliando con aplicaciones de materia orgánica a los suelos, para favorecer una mayor retención de humedad posterior al riego.

**Cuadro 4.** Detalle de las especies establecidas de acuerdo a la localidad y productor, analizados en el proyecto FIC.

Nº	Localidad	Agricultor	Especie/Cultivo
1	Cabrería	Elena Fellay	Nogal cv. Serr
2	Pulpica Bajo	Aquiles Henott	Nogal cv. Serr
3	Infiernillo	Francisco González	Nogal cv. Serr
4	Chilecito	Aroldo Cortés	Nogal cv. Serr
5	Algarrobo	Hernán Vásquez	Vides Pisqueras
6	Huampulla	Solano Portilla	Vides Pisqueras
7	Chaguaral	Cristian Araya	Durazno cv Florida King
8	Chaguaral	Alex Fuentes	Durazno cv Florida King
9	Mialqui	Arturo Cortés	Higuera cv Black Mission
10	Rapel	Javier Bou	Higuera cv Black Mission
11	Rinconada	José Adonis	Tuna
12	Cerrillos de Rapel	Gabriel Michea	Tuna
13	Chillepín	Parcela El Barraco	Nogal cv. Serr
14	Cuncumén	Rodrigo Rojas	Vides Pisqueras
15	Chillepín	Juan Castro	Higuera cv Black Mission

En las **Figuras 9 a 14**, se muestran los valles en los cuales se encuentran insertas las parcelas demostrativas, valles que tienen mucha similitud entre sí, los de Limarí y Choapa, presentando predios a ambos lados de las cuencas, ubicados tanto en la planicie del valle como en las laderas, lo que favorece el desarrollo de primores como el caso del duraznero Florida King, variedad introducida por INIA a finales de la década del 80, en la localidad de Chaguaral.



**Figuras 9.** Vista panorámica de la subcuenca del Río Rapel, Monte Patria, Región de Coquimbo.



**Figura 10.** Vista panorámica de la subcuenca del Río Grande, Monte Patria, Región de Coquimbo.



**Figura 11.** Vista panorámica de la subcuenca del Río Mostazal, Monte Patria, Región de Coquimbo.



**Figura 12.** Vista panorámica de la Cuenca del Río Limarí, Ovalle, Región de Coquimbo.



**Figura 13.** Vista panorámica de la Cuenca del Río Limarí, Punitaqui, Región de Coquimbo.



**Figura 14.** Vista panorámica de la cuenca de Río Hurtado, Región de Coquimbo.

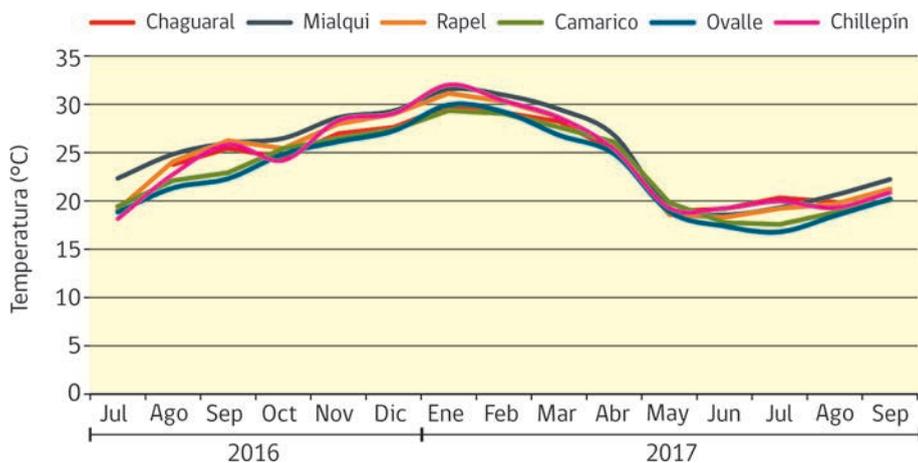
## 3.2. Datos agroclimáticos de las localidades de Limarí y Choapa

Otro aspecto de relevancia para el desarrollo óptimo de los frutales, es la condición climática de la zona donde se establecen, lo que permite determinar si estas son favorables o desfavorables para su desarrollo.

En cuanto al comportamiento de los parámetros climáticos de las zonas intervenidas, las temperaturas máximas fueron bastante homogéneas como se indica en la **Figura 15**. No obstante, las más altas temperaturas se observaron en las localidades de Mialqui, y Chaguaral en la Provincia de Limarí, y Chillépín en la Provincia de Choapa, mientras que los sectores con el registro más bajo fueron Camarico y Ovalle.

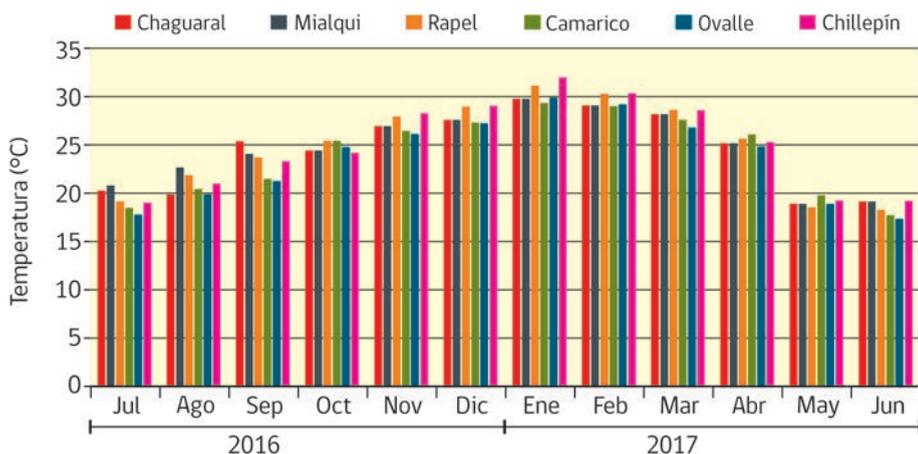
Por otra parte, independiente del sector, el mes de enero fue el más caluroso con un valor promedio máximo de 30°C, seguido por febrero y marzo, mientras que junio y julio fueron los meses más fríos con una temperatura máxima de 19°C. Finalmente se pudo observar que el año 2016 tuvo un registro de temperaturas más altas que el 2017, en las mismas fechas (**Figuras 16 y 17**).

La humedad relativa mínima mostró una diferencia entre las localidades que se encuentran en los valles interiores versus las zonas más cercanas a la costa. Así es como Chaguaral y Chillépín, carentes de influencia marina registraron el contenido de humedad relativa mínima más baja durante la temporada, lo contrario ocurrió con Ovalle y Camarico, ubicados en la parte baja del valle,



**Figura 15.** Evolución de la temperatura máxima mensual en distintas localidades de las provincias de Limarí y Choapa a lo largo de la temporada.

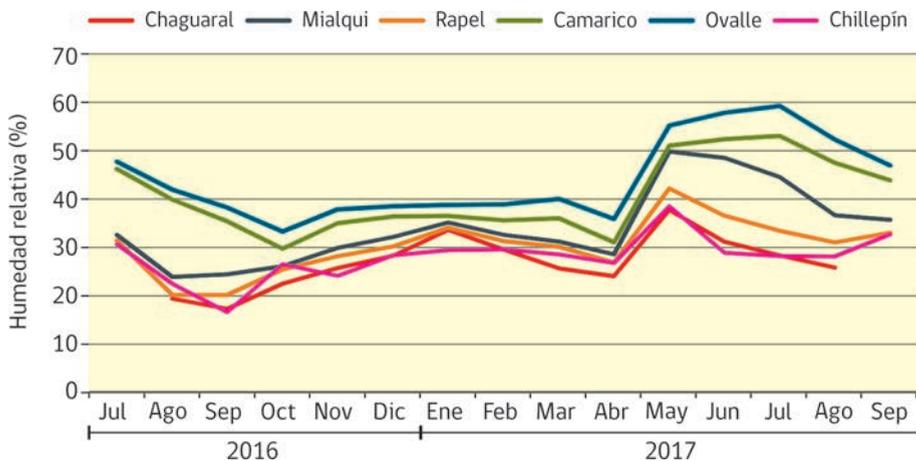
Fuente: Estaciones CEAZAMET e INIA.



**Figura 16.** Comparación de temperatura máxima promedio mensual entre distintas localidades de las provincias de Limarí y Choapa

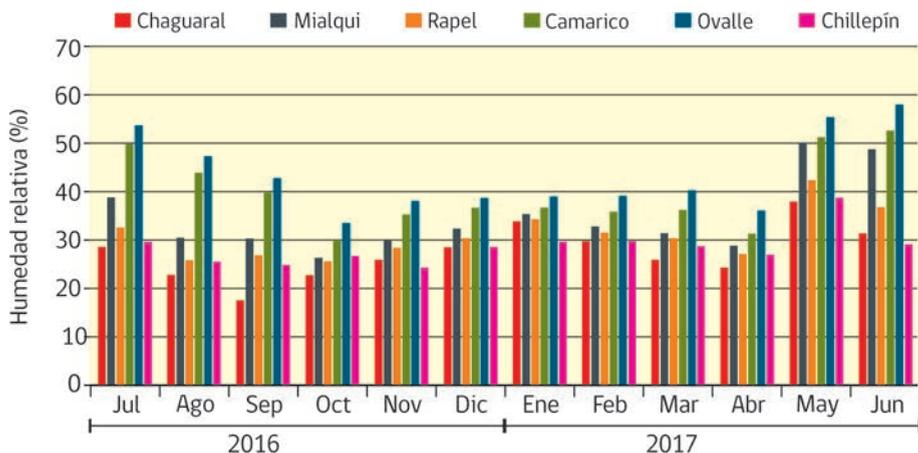
Fuente: Estaciones CEAZAMET e INIA.

donde el registro de humedad relativa mínima fue el más alto. Por otra parte, al igual que con la temperatura, también se observó que las condiciones del año 2016 fueron más extremas que las del 2017, pues la humedad relativa mínima independiente de la localidad, el año 2016 fue más baja (**Figuras 17 y 18**).



**Figura 17.** Evolución de la humedad relativa mínima mensual en distintas localidades de las provincias de Limarí y Choapa, a lo largo de la temporada.

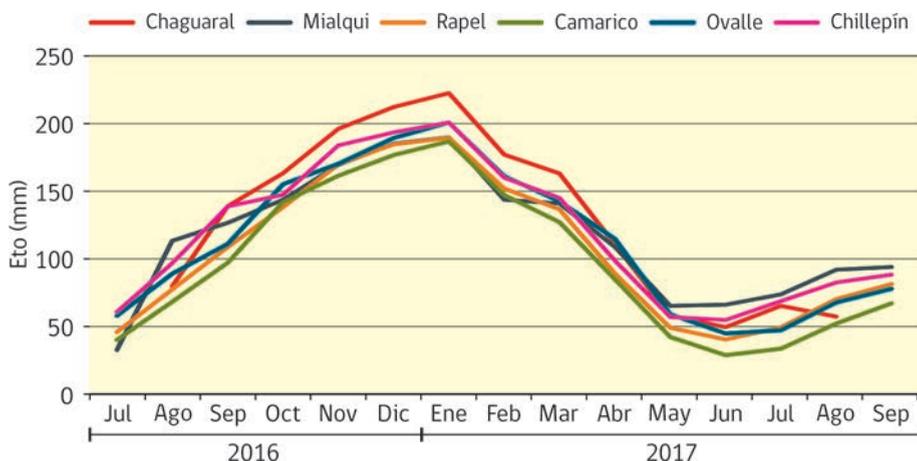
Fuente: Estaciones CEAZAMET e INIA.



**Figura 18.** Comparación de humedad relativa mínima mensual entre distintas localidades de las provincias de Limarí y Choapa.

Fuente: Estaciones CEAZAMET e INIA.

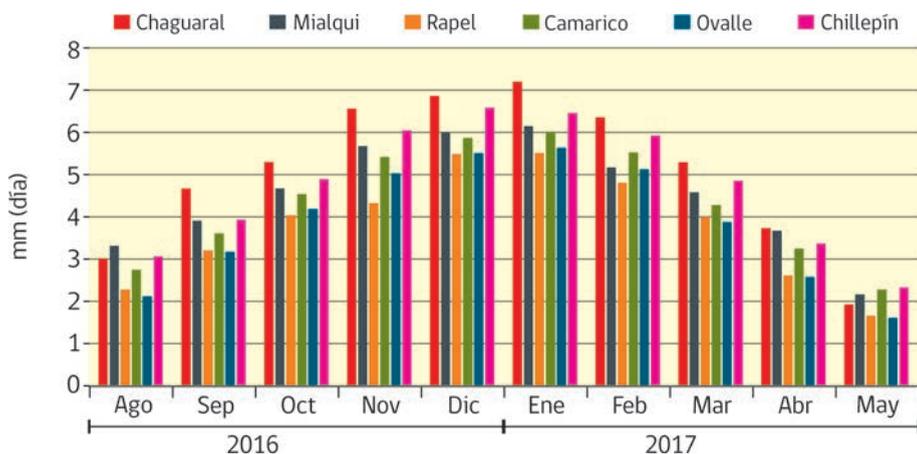
La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), parámetro principal para determinar la demanda hídrica, se correlaciona con la humedad relativa. Chaguaral y Chillepín presentaron la ET<sub>o</sub> más alta, mientras que Camarico, sector con influencia costera, registró la menor demanda ambiental (**Figura 19**). El comportamiento general de la ET<sub>o</sub> fue similar independiente del sector, incrementando paulatinamente el valor de la ET<sub>o</sub> a medida que avanzó la temporada agrícola. Los meses con mayor



**Figura 19.** Evolución de la Evapotranspiración potencial (ETo) mensual de distintas localidades de las provincias de Limarí y Choapa.

Fuente: Estaciones CEAZAMET e INIA.

demanda ambiental fueron noviembre, diciembre y enero, siendo éste último el punto más alto de la curva con un valor promedio mensual entre las distintas localidades de 6,2 mm/día; posteriormente la ETo desciende hasta alcanzar el valor mínimo en los meses invernales, para comenzar nuevamente su ascenso con el inicio de la nueva temporada (**Figura 20**).



**Figura 20.** Comparación mensual de Evapotranspiración potencial diaria (ETo) entre distintas localidades de las provincias de Limarí y Choapa.

Fuente: Estaciones CEAZAMET e INIA ([www.agromet/estaciones/Chaguaral](http://www.agromet/estaciones/Chaguaral))

En el **Cuadro 5** se detalla el valor promedio de la ETo registrado por la red de monitoreo CEAZA-Met en las localidades de Rapel y Camarico en la Provincia de Limarí y, Chillepín en la Provincia de Choapa, durante cuatro temporadas consecutivas (2013/2014 a 2016/2017).

**Cuadro 5.** Evapotranspiración (ETo) diaria promedio registrada entre las temporadas 2013/14 y 2016/17 en tres localidades de la Región de Coquimbo.

Mes	ETo (mm/día)		
	Rapel	Camarico	Chillepín
Agosto	2,3	2,1	3,1
Septiembre	3,2	3,2	3,9
Octubre	4,0	4,2	4,9
Noviembre	4,3	5,0	6,0
Diciembre	5,5	5,5	6,6
Enero	5,5	5,6	6,5
Febrero	4,8	5,1	5,9
Marzo	4,0	3,9	4,8
Abril	2,6	2,6	3,4
Mayo	1,6	1,6	2,3

## Capítulo 4.

# Determinación del coeficiente del cultivo (Kcb) a través del índice de vegetación normalizada (NDVI) en nogal, vid pisquera y duraznero temprano

**Ariadna Veas V.,**

Ing. Agrónoma

ariadna.veas@inia.cl

**Giovanni Lobos L.,**

Ing. Agrónomo

globos@inia.cl

**Claudio Balbontín N.,**

Ing. Agrónomo, M.C. Dr.

claudio.balbontin@inia.cl

La demanda hídrica de un cultivo está determinada principalmente por dos factores, las condiciones climáticas del sector y el nivel de desarrollo de las plantas. La demanda ambiental, representada por la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), es posible cuantificarla a través de la información brindada por la red de estaciones agrometeorológicas establecida por INIA y CEAZA a lo largo de la Región de Coquimbo (**Figuras 21 y 22**), obteniendo el valor diario de la demanda ambiental en el área de influencia de la estación.

Entre INIA y CEAZA, se han instalado 31 estaciones agrometeorológicas en la Región, 14 se encuentran en el Elqui, 9 en el Limarí y, 8 en el Choapa, las cuales permiten recabar información cada 30 ó 60 minutos de los diferentes parámetros climáticos, información de gran importancia para el manejo agronómico de los frutales, permitiendo determinar necesidades hídricas, días, grados, horas frío entre otros, como los que se describen en las Figuras 16 a 20 del capítulo anterior.

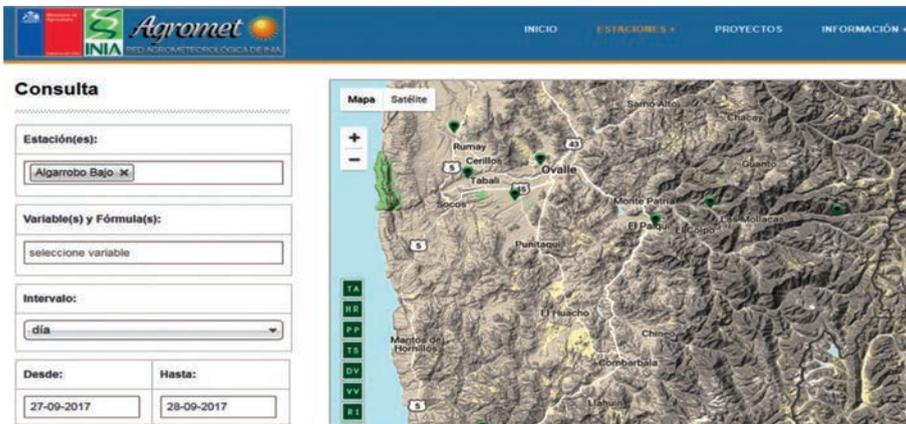


Figura 21. Portal web para consulta online de variables climáticas a través de la red de estaciones meteorológicas establecidas por INIA, tanto en la Región de Coquimbo como en el resto del país (<http://agromet.inia.cl>).



Figura 22. Portal web para consulta online de variables climáticas a través de la red de estaciones meteorológicas establecidas por CEAZA en las regiones de Atacama y Coquimbo. (<http://www.ceazamet.cl>)

Por otra parte, el estado de desarrollo del cultivo, está definido por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) que indica el consumo de agua que tiene una planta según su estado fenológico. El valor de  $K_c$  establecido por literatura para las diversas especies frutales en la zona, no se ajusta a las necesidades de las plantas, pues fueron obtenidos bajo otras condiciones climáticas y geográficas, que a veces no reflejan la condición real del huerto (Balbontín, 2014), por lo tanto, si el riego se maneja ante un panorama de escasez hídrica, es necesario ajustar dicho valor a las condiciones de los huertos de la Región.

Así es como surge el empleo de información satelital para determinar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para rectificar el  $K_c$  de literatura entre otras cosas. El NDVI es un índice de vegetación empleado para la estimación de la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación a través del procesamiento de una serie de imágenes satelitales que registran la intensidad con que las plantas reflejan o emiten radiación en ciertas bandas del espectro electromagnético (rojo e infrarrojo).

El valor NDVI mide el tamaño fotosintéticamente relativo de la cubierta vegetal y da cuenta de cómo el cultivo absorbe la radiación solar fotosintéticamente activa. Este parámetro oscila entre 0,16 (suelo desnudo) y 0,91 (cultivo verde muy denso), (Balbontín *et al.*, 2016) y presenta, según diversos trabajos científicos, una relación lineal con el coeficiente de cultivo basal ( $K_{cb}$ ) a través de la ecuación 1 (Campos *et al.*, 2010):

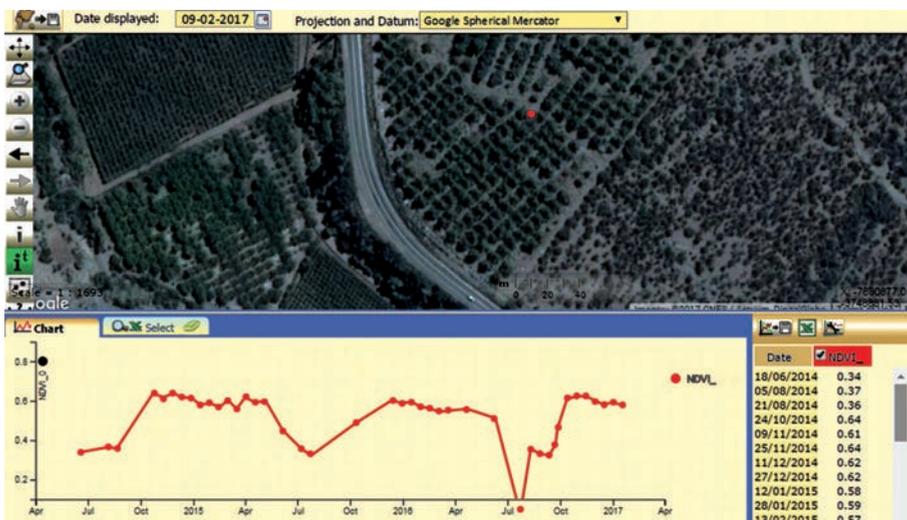
Ecuación 1: 
$$K_{cb} = 1,44 \times NDVI - 0,1$$

Donde:

$K_{cb}$  : Coeficiente de cultivo ajustado

NDVI : Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

La determinación de NDVI para nogal cv. Serr, duraznero cv. Florida King y vides pisqueras (**Figura 23**) se efectuó a través de la herramienta SPIDERwebGIS® disponible en la página web <http://maps.spiderwebgis.org/?cuestom=capra>, en donde, para cada uno de los cultivos anteriormente mencionados se definió la curva NDVI máximo entre las temporadas 2013/14 y 2016/17, diferenciadas por provincia. Posteriormente, los valores NDVI se transformaron a  $K_{cb}$  mediante la ecuación 1 propuesta por Campos *et al.* (2010), **Cuadro 6**.



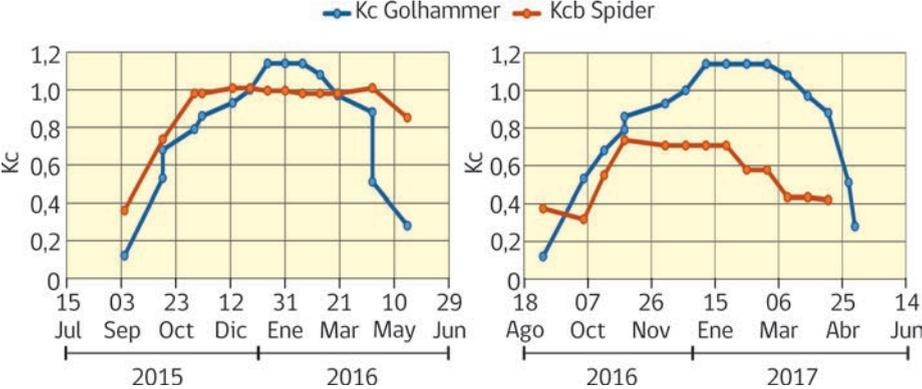
**Figura 23.** Curva de evolución del Índice de Vegetación (NDVI) para nogal cv. Serr en la parcela demostrativa del Barraco de Chillepín, Provincia de Choapa a través de la plataforma web-SIG Spider-CAPRA.

**Cuadro 6.** Coeficiente de cultivo basal (Kcb) máximo, obtenido a partir del NDVI máximo estimado durante la temporada 2016/17 en huertos de nogal cv. Serr, vid pisquera en general y duraznero cv. Florida King y Flavor Crest en las provincias de Choapa y Limarí.

Mes	Nogal			Vid Pisquera		Duraznero	
	Choapa Interior	Limarí Interior	Costa	Choapa	Limarí	Choapa*	Limarí**
Agosto	-	-	-	-	-	0,4	0,5
Septiembre	0,8	0,5	0,3	0,3	0,4	0,7	0,8
Octubre	1,0	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8
Noviembre	1,0	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9
Diciembre	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9
Enero	0,9	0,8	0,7	1,0	0,9	0,7	0,9
Febrero	0,9	0,8	0,6	0,9	0,9	0,7	0,9
Marzo	0,9	0,8	0,5	0,9	0,8	0,7	0,8
Abril	0,9	0,8	0,5	0,9	0,8	0,7	0,8
Mayo	0,7	0,8	0,4	0,7	0,8	0,5	0,5

\*Choapa, cv. Flavor Crest; \*\* Limarí, cv. Florida King.

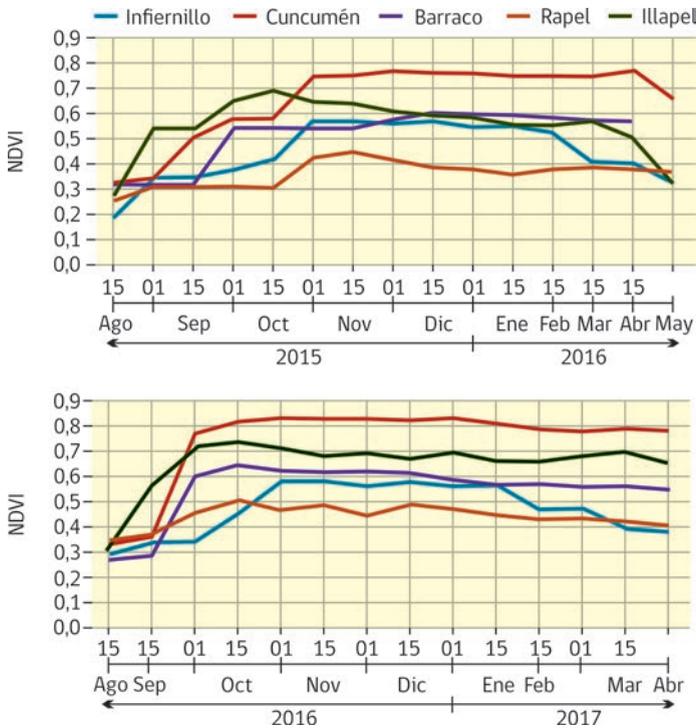
Como se mencionó anteriormente, la curva de crecimiento fenológica (Kcb) determinada por NDVI, permite graficar el estado real del huerto y puede ser comparado con temporadas anteriores, valores que en algunos casos son menores a los Kc de literatura. En la **Figura 24**, se compara la curva de crecimiento fenológico determinado por NDVI y la estimada por Goldhamer (1998) para el cultivo del nogal Serr en dos localidades.



**Figura 24.** Comparación del Kc determinado por NDVI y Kc de Goldhamer para nogal Serr en dos localidades (izquierda: huerto Cuncumén, derecha: huerto Infiernillo).

Como se observa en la Figura 24, los Kc determinado por Goldhamer fueron mayores a lo determinado por NDVI, lo que genera un error al momento de diseñar los programas de riego. Para el caso del huerto de Cuncumén en Choapa, el crecimiento máximo del huerto real se genera durante el mes de octubre y con un valor máximo de 1,0, mientras que el Kc de Goldhamer determina el crecimiento máximo del huerto durante el mes de enero con valor máximo de 1,14, mientras que para el huerto de Infiernillo, ubicado en la parte baja de Limarí, el valor máximo de Kcb es de 0,7 valor más bajo que el Kc de Literatura, lo que permitiría un ahorro en las tasas de riego aplicada en este huerto.

Los Kcb definidos por NDVI varían en cada temporada y estos dependen principalmente del vigor de la planta, que está definido por los aportes hídricos, nutricional y la condición de clima entre temporadas. En la **Figura 25** se observa el NDVI del nogal Serr en dos temporadas y en cinco localidades de la Región.



**Figura 25.** Comparación del NDVI del nogal Serr en cinco localidades de la Región, durante dos temporadas.

De acuerdo a la Figura 25, los NDVI máximos obtenidos durante la temporada 2016/2017 se lograron a principios de octubre para el caso de los huertos ubicados en Cuncumén, mientras que la temporada anterior el valor máximo se logró a principios de noviembre, diferencia que se genera principalmente por las condiciones de temperaturas que fueron mayor durante el mes de octubre del 2016, lo que permitió un desarrollo anticipado del nogal.

En las **Figuras 26, 27 y 28**, se detallan algunos estados fenológicos de importancia en las especies intervenidas y en el **Cuadro 7**, de describe los estados fenológicos más sensibles a la falta de agua (Ferreya *et al.*, 2010).



**Figura 26.** Estado de Preflor en Vides pisqueras, cv. Pedro Jiménez.



**Figura 27.** Duraznero Florida King en pleno crecimiento, localidad Chaguaral, Monte Patria.



**Figura 28.** Fruto del Nogal recién cuajado, localidad de Chillepín, Salamanca.

**Cuadro 7.** Estados fenológicos más sensibles a la falta de agua en algunas especies frutales.

Especie	Periodos críticos
Nogal y Almendro	Crecimiento del fruto y desarrollo de la semilla
Vides pisqueras	Brotación a Floración y Cuaja a crecimiento de la baya
Duraznos	Crecimiento rápido del fruto (Etapa 1 y 3)
Higueras	Crecimiento del fruto
Damascos	Crecimiento rápido del fruto (Etapa 1 y 3)
Cítricos	Floración a cuaja; fase de crecimiento rápido del fruto
Olivo	Previo a Floración a crecimiento final del fruto

## Capítulo 5.

# Requerimientos hídricos de las especies frutales

**Ariadna Veas V.,**

Ing. Agrónoma  
ariadna.veas@inia.cl

**Giovanni Lobos L.,**

Ing. Agrónomo  
globos@inia.cl

**Víctor Muñoz A.,**

Ing. Agrónomo  
victormunoz.uchile@gmail.com

**Claudio Balbontín N.,**

Ing. Agrónomo, M.C.  
claudio.balbontin@inia.cl

## 5.1. Interacción clima y cultivo

La demanda atmosférica y el estado de desarrollo de la planta son los principales factores que determinan la demanda hídrica de un cultivo. Esta relación se expresa a través de la Evapotranspiración de cultivo (ETc), que integra la evapotranspiración de referencia (ETo) y el coeficiente de cultivo basal (Kcb) a través de la ecuación propuesta por FAO.

Ecuación 2.

$$ETc = ETo \times Kcb$$

Donde:

ETc : Evapotranspiración de cultivo (mm)

ETo : Evapotranspiración de referencia (mm)

Kcb : Coeficiente de cultivo Kc ajustado

Con la ecuación propuesta por FAO para la ETc, junto con los datos de la evapotranspiración recolectados de las estaciones agrometeorológicas ubicadas en Limarí y Choapa y la confección de las curvas de crecimiento a través de NDVI, se generó la demanda hídrica para los cultivos de nogal cv. Serr, vid pisquera y duraznero cv. Florida King y Flavor Crest según se indica en el **Cuadro 8**.

**Cuadro 8.** Demanda hídrica diaria promedio determinadas por ETC (mm) en dos provincias de la Región de Coquimbo para cultivos de nogal cv. Serr, vid pisquera y duraznero cv. Florida King y Flavor Crest.

Mes	Nogal			Vid Pisquera		Duraznero	
	Choapa Interior	Limarí Interior	Costa***	Choapa	Limarí	Choapa*	Limarí**
Agosto	-	-	-	-	-	1,2	1,2
Septiembre	3,0	1,7	1,0	1,2	1,4	2,8	2,4
Octubre	4,8	3,0	2,7	3,7	2,9	3,6	3,3
Noviembre	5,9	3,4	3,8	5,5	3,5	4,3	3,8
Diciembre	6,2	4,4	4,0	6,2	4,9	4,8	4,7
Enero	6,1	4,6	4,1	6,3	5,0	4,7	4,8
Febrero	5,3	3,9	3,1	5,5	4,2	4,3	4,2
Marzo	4,3	3,2	2,1	4,6	3,3	3,6	3,3
Abril	2,9	2,1	1,3	3,0	2,1	2,4	2,2
Mayo	1,7	1,3	0,7	1,7	1,2	1,1	0,9

\*Choapa, cv. Flavor Crest; \*\* Limarí, cv. Florida King. \*\*\*Limarí Costa, ETC determinada según estación meteorológica de Camarico.

Para el resto de frutales del Valle de Limarí se consideraron datos de la estación meteorológica de Rapel.

Independiente del cultivo, la demanda hídrica mayor se genera entre los meses de diciembre y enero, periodos en que las especies mencionadas se encuentran en diferentes estados fenológicos.

Por parte de los nogales a finales de diciembre se logra el 100% del calibre, mientras que para vides pisqueras, la baya está en pleno crecimiento, los durazneros tempraneros, Florida King y Flavor Crest se encuentran en postcosecha, en este periodo el aporte hídrico puede reducirse entre un 20 a 30%, sin generar problemas en la planta. En cuanto a las higueras, en ese mismo período, se cosechan las brevas siguiendo con el crecimiento de los higos, cosechándose a mediados de febrero. En el caso de tunas, a finales de febrero comienza la cosecha. Dependiendo del cultivo, las tasas de riego pueden reducirse o mantenerse durante esta etapa, es decir, como el durazno temprano, que una vez cosechado, puede disminuirse el aporte de riego semanal en un 35% sin generar repercusiones negativas en el cultivo para la siguiente temporada.

## 5.2. Estimación aporte hídrico semanal por planta para frutales

Uno de los objetivos del proyecto FIC "Transferencia Tecnológica en Agronomía del Riego" fue capacitar a productores en la optimización de recurso hídrico. Con la información descrita anteriormente, se generaron los programas de riego semanales, para cada especie intervenida, como guías para determinar el agua a aplicar a la planta, durante sus diferentes etapas de desarrollo.

Para esto, se estimó la cantidad de agua por planta a reponer en forma diaria, a través de la ecuación 3, según el lugar de establecimiento y marco de plantación, que se detalla en el **Cuadro 9**.

Ecuación 3. 
$$DH_{diaria} = (ETc \times 10.000) (L/ha)$$

Donde:

$DH_{diaria}$  : Demanda hídrica diaria (L)

ETc : Evapotranspiración de cultivo semanal (mm)

10.000 : Valor para convertir mm a litros/ha

### Ejemplo:

Para determinar la demanda hídrica semanal para un huerto de nogales cv. Serr ubicado en el Valle del Choapa, considerando los siguientes factores:

ETc nogal diciembre : 6,2 mm/día

Marco plantación : 6 x 8 m

Nº plantas/ha : 208

Luego:

$DH_{dia/ha}$  : 6,2 mm x 10.000

$DH_{dia}$  : 62.000 L/ha/día

$DH_{dia/planta}$  : 62.000 L/ha/día x 7 días

---

208 planta/ha

$DH_{semanal}$  : 2.086 L/planta/semana

El volumen de agua demandado semanalmente por un huerto de nogal cv. Serr adulto en el Valle del Choapa durante el mes de diciembre es de 2.086 L/planta.

**Cuadro 9.** Aporte hídrico semanal (L/planta) durante la temporada agrícola para huertos de nogal cv. Serr, vid pisquera y duraznero cv. Florida King y Flavor Crest de acuerdo al marco de plantación y zona de establecimiento de los valles de Limarí y Choapa.

Mes	Choapa Valle			Nogal			Vid pisquera							
	Limarí Valle		Limarí Costa***	Limarí Valle		Limarí Costa***	Choapa		Limarí		Duraznero			
	8x6	7x7	8x6	7x7	8x6	7x7	3x2	3x3	3x2	3x3	5x3	4x4	3x3	
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74
Septiembre	1.008	1.029	557	569	352	360	51	77	60	90	297	270	152	152
Octubre	1.611	1.644	1.011	1.032	890	909	154	231	123	185	378	372	209	209
Noviembre	1.970	2.011	1.150	1.174	1.265	1.291	232	348	148	222	449	430	242	242
Diciembre	2.067	2.110	1.492	1.523	1.360	1.388	262	393	205	308	499	527	296	296
Enero	2.057	2.100	1.538	1.570	1.365	1.394	265	398	211	316	489	532	299	299
Febrero	1.779	1.816	1.313	1.340	1.042	1.063	233	350	175	262	448	468	263	263
Marzo	1.450	1.480	1.074	1.096	694	708	191	287	140	210	374	375	211	211
Abril	978	999	714	729	434	443	125	188	88	132	254	242	136	136
Mayo	571	583	433	442	231	236	70	105	52	78	112	99	56	56

\*Choapa, cv. Flavor Crest; \*\* Limarí, cv. Florida King, \*\*\*Limarí Costa, Etc determinada según estación meteorológica de Camarico. El resto de cultivos asociados al Valle de Limarí se trabajó con datos de estación Rapel.

Considerando la estimación de las necesidades hídricas semanales de la planta, según Cuadro 9, el volumen debe ser fraccionado de acuerdo al tipo de suelo en dos o tres riegos en la semana, y los tiempos de riego van a depender del número de emisores por planta.

A modo de ejemplo, para calcular las horas de riego a la semana, según la cantidad de agua estimada en el Cuadro 9, se debe realizar de la siguiente forma:

Caso Nogal (8 x 6 m).

- Distancia gotero: 1 metro
- Caudal Goteros: 4 Litros/hora
- N° lineales/planta: 3
- N° goteros/ planta: 18 goteros
- Caudal total planta: (18 x 4)= 72 L/h
- Litros por planta/semana diciembre: 1.657 Litros

Ecuación 4: 
$$\text{Horas de riego semana: Litros/semana/planta (L)} = \frac{\text{Caudal total planta (L/h)}}{\text{Caudal total planta (L/h)}}$$

Horas de riego semana nogal: 
$$\frac{1.657 \text{ L}}{72 \text{ (L/h)}} = 23 \text{ h semana (diciembre)}$$

Con este ejercicio, y de acuerdo al caudal total entregado por los goteros por planta y los litros por semana estimados para el nogal, para la semana del mes de diciembre se deben regar 23 horas. Esta cantidad de horas de riego debe ser distribuida de acuerdo al tipo de suelo: para el caso de suelos arenosos o francos arenosos los tiempos de riegos deben ser cortos y con mayor frecuencia, para evitar la pérdida de agua por lixiviación, mientras que, para los suelos más pesados con presencia de arcillas, pueden ser dos riegos a la semana.

Es fundamental conocer el número de goteros por planta y cuál es su descarga total para determinar los tiempos de riego a la semana. Cabe destacar que el cálculo de los litros por planta / semana descritos en el Cuadro 8, fue generado con datos del promedio de la evapotranspiración de la temporada 2015/2016, el mismo caso para la determinación del coeficiente de cultivo (Kcb) definido por NDVI, el cual permite ser una guía de apoyo para los productores, pero debe ser corregido de acuerdo a las condiciones ambientales y desarrollo de la planta de cada temporada actual.



## Capítulo 6.

# Frutales de bajo requerimiento hídrico: higuera y tuna

**Víctor Muñoz A.,**

Ing. Agrónomo

victormunoz.uchile@gmail.com

**Nicolás Franck Berger** (†),

Ing. Agrónomo Ph.D. M.Sc.

**Giovanni Lobos L.,**

Ing. Agrónomo

globos@inia.cl

La situación hídrica que afectó a la Región de Coquimbo por más de ocho temporadas, generó una incertidumbre sobre las especies que se encontraban establecidas en la Región, si éstas serían capaces de sobrevivir otro período de sequía o, directamente se debería cambiar a otras especies de menor requerimiento hídrico. Bajo este enfoque, se comenzó con la búsqueda o alternativas productivas que tuvieran dichas características.

Trabajos desarrollados en higueras y tunas por el Centro de Estudios de Zonas Áridas CEZA de la Universidad de Chile en la Región, determinaron que éstas son una buena alternativa productiva para la Región, especies de bajo requerimiento hídrico y de buenas proyecciones, por lo que se promovieron estas especies durante el desarrollo del proyecto.

## 6.1. La higuera (*Ficus carica* L.)

La higuera es un frutal de la familia de las moráceas, cuyo origen se sitúa en la zona del Asia Menor. Su cultivo corresponde a la primera industria frutícola de que se tenga registro, lo cual puede atribuirse a la rusticidad del árbol y la larga vida útil y aporte energético de los frutos deshidratados (Franck, *et al.*, 2014) Para alcanzar su rendimiento potencial y una buena calidad del fruto, el riego de la higuera debe satisfacer sus requerimientos mínimos, ya que, ante un estrés hídrico los frutos en crecimiento son muy sensibles y puede afectar su tamaño

o incluso caer. Sin embargo, la planta de higuera es extremadamente tolerante a la falta de agua (Botti *et al.*, 2001), y dependiendo de las condiciones climáticas del lugar en que se encuentre, puede sobrevivir años sin riego.

### 6.1.1. Diferencia entre higos y brevas

La higuera tiene la capacidad de que en cada nudo o metámero de sus brotes se genera una hoja, una yema vegetativa y un fruto; y en la medida que las condiciones climáticas permitan que el brote crezca, habrá nuevos nudos, y por ende, nuevos frutos. Al acercarse el invierno hay pequeños frutos formados, pero que no alcanzan a madurar por falta de temperatura, y el brote entra en receso. En la primavera, cuando las temperaturas empiezan a subir, comienza la brotación de la higuera, pero además, los frutos de la temporada anterior retoman su crecimiento. De esta forma, se denominan "**higos**" a los frutos producidos en el brote de la temporada o en la madera del año; mientras que las "**brevas**" corresponden a los frutos producidos en el brote de la temporada anterior o madera de un año (Muñoz *et al.*, 2014).

A continuación, se presentan los manejos agronómicos clave que se deben considerar al momento de emprender un proyecto frutícola para la producción de higos.

### 6.1.2. Plantación

Los marcos de plantación tradicionalmente usados son muy amplios (6 x 5 m), con árboles muy grandes, que fácilmente superan los 3 m de altura, lo que complica la cosecha de la fruta. Los huertos modernos utilizan marcos de plantación más densos (5 x 3 m hasta 4 x 1 m), con plantas más pequeñas que facilitan los manejos agronómicos (en especial, la cosecha), lo que además le otorga una mayor precocidad al huerto.

La propagación de la higuera se hace mediante estacas, pudiéndose usar plantas en bolsa o a raíz desnuda (estas últimas deben plantarse durante el invierno). Se recomienda utilizar plantas pequeñas (20-30 cm de altura), de 1 ó 2 años de edad, ya que son más fáciles de formar y crecen de manera vigorosa. También se debe realizar una fertilización basal al momento de plantar, considerando una mezcla N-P-K que permita un adecuado desarrollo de las plantas durante el primer año (15-15-28 unidades/ha). Se recomienda plantar en primavera,

una vez que haya pasado el peligro de heladas, ya que los brotes nuevos pueden ser muy sensibles a las bajas temperaturas. En lugares en que haya importante presencia de liebres y conejos se recomienda aplicar medidas de protección.

### 6.1.3. Poda de formación

Este manejo es fundamental para la producción de higos, ya que incide de manera significativa en la eficiencia de otras labores, como por ejemplo la poda productiva y, fundamentalmente, la cosecha. Si bien muchos agricultores están familiarizados con la higuera, se desconocen los manejos agronómicos claves, siendo la poda de formación uno de los principales. Usualmente la imagen de una planta de higuera es la de un árbol enorme (**Figura 29**) y difícil de cosechar, ya que los brotes productivos se ubican de manera periférica y gran parte están muy arriba. La poda de formación de la higuera tiene como objetivo generar la macroestructura en que se ubicarán los brotes productivos, de manera que la cosecha y la poda productiva puedan hacerse sin necesidad de usar escalera (**Figura 30**).



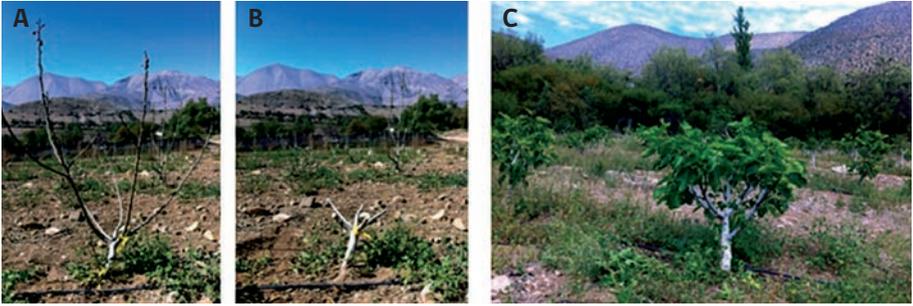
**Figura 29.** Higuera adulta sin poda de formación.



**Figura 30.** Higuera adulta formada.

El primer año las plantas se deben despuntar a los 40 cm de altura, lo que romperá la dominancia apical y estimulará la brotación. Se deben escoger 4-5 brotes bien distribuidos en el espacio, y se deben eliminar el resto de brotes, así como las sierpes. Estos brotes serán las ramas madre 1°, y ya que los higos se ubican en el crecimiento del año, potencialmente pueden producir frutos (**Figuras 31A y 31B**). En el siguiente invierno, se deben rebajar las ramas madre 1° a 4-5 nudos, y en la siguiente primavera, se deben elegir 2-3 brotes de cada rama madre (eliminar el resto), los que producirán fruta y serán las ramas madre 2° a partir del próximo invierno. Esta regla de poda debe seguirse hasta aproximadamente el 4° ó 5° año, o hasta que el huerto logre tener la cantidad de brotes productivos por temporada que asegure alcanzar el rendimiento esperado. Los brotes productivos deben ubicarse a una altura que facilite la cosecha (**Figura 31C**).

Por otro lado, los brotes productivos que generan plantas de higueras podadas, son más largos y productivos que los de higueras sin podar, ya que seguramente una higuera no podada consume más nutrientes y asimilados en mantener una gran cantidad de madera improductiva. En ese sentido, es importante señalar

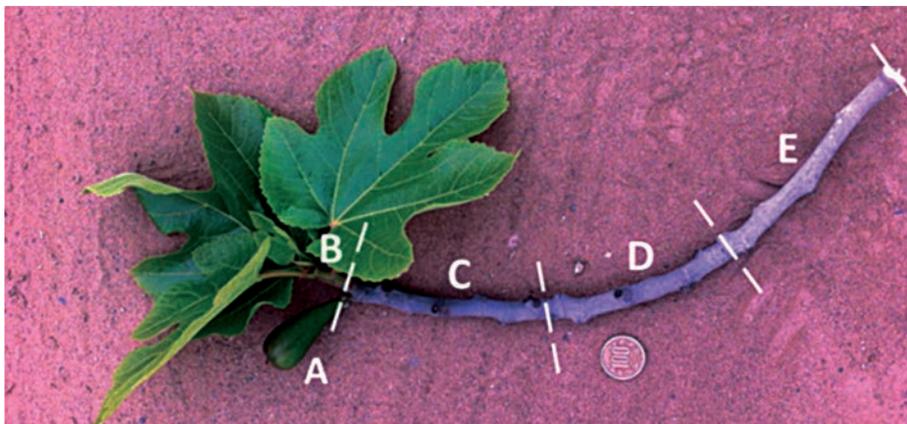


**Figura 31.** Higuera antes (izq. A) y después de poda de formación (centro B), con 5 ramas madres 1° bien distribuidas. Higuera de 3 años con brotes productivos en ramas madre 2° (der. C).

que un brote productivo de una higuera podada puede llegar a tener más de 20 metámeros y un largo de hasta 2,5 metros (**Figura 32**), mientras que un brote de una higuera sin poda, dependiendo de la cantidad de agua que haya tenido disponible durante la temporada, tendrá una longitud de entre 10 y 40 cm, no más de 10 metámeros y en unos pocos los higos llegarán a madurez (**Figura 33**).



**Figura 32.** Higuera de 2 años con brotes productivos de 1,5 metros de largo y 12 metámeros a mediados de verano.



**Figura 33.** Brote de higuera sin poda. A) Brevia. B) Brote de la temporada a inicios de primavera. Madera de 1 (C), 2 (D) y 3 (E) años.

### 6.1.4. Poda de producción

La poda de producción tiene como objetivo renovar la madera productiva y ubicarla a una altura adecuada para la cosecha. Se realiza en invierno e implica rebajar los brotes de la temporada anterior a 3-4 yemas. Cada brote productivo puede tener entre 8 y 15 higos (dependiendo de la variedad y el clima), y los pesos de los frutos fluctúan entre 10 y 50 g (depende principalmente de la variedad), por lo que se debe saber el peso de los frutos, la cantidad de frutos por brote productivo y el número de plantas por hectárea, para saber la cantidad de brotes productivos por planta que permitan alcanzar un determinado rendimiento. Por ejemplo, si queremos producir 18 toneladas de higos en un huerto con plantas a 4 x 2 metros, y la variedad que cultivamos usualmente produce 10 higos por brote productivo que pesan 30 g, debemos hacer el cálculo presentado en la Ecuación 5. Estimación del rendimiento y número de brotes productivos en higuera.

Ecuación 5.

$$\text{Rendimiento esperado (t/ha)} = \text{N}^\circ \text{ plantas/ha} \times \text{N}^\circ \text{ brotes/planta} \times \text{N}^\circ \text{ frutos/brote} \times \text{peso del fruto (g)}$$

$$18 \text{ t/ha} \times 1.000.000 \text{ g/t} = 1.250/\text{ha} \times \text{N}^\circ \text{ brotes/planta} \times 10 \\ \times 30 \text{ g N}^\circ \text{ brotes/planta} = (18 \times 1.000.000) / (1.250 \times 10 \times 30) = 48$$

Así, cada planta de higuera deberá tener 48 brotes productivos para llegar a producir 18 toneladas/ha. Por otra parte, si al primer año de formación las plantas quedan con 4 ramas madre 1°, y en los años siguientes éstas se van multiplicando por 2, al 4° año las plantas alcanzarán los 32 brotes productivos, y por ende, 32 ramas madres 4°. Si se estima que el rendimiento potencial es 18 toneladas/ha, a partir del 5° año habría que ajustar la cantidad de brotes productivos a 48, y rebajar y renovar los pitones mediante la poda de producción. Las **Figuras 34** y **35** ilustran huertos adultos de higueras podadas en invierno, y el crecimiento del brote y de una breva a inicios de primavera.



**Figura 34.** Huerto adulto de higuera podado en invierno.



**Figura 35.**  
Brote de higuera creciendo en primavera, luego de la poda invernal.

### **6.1.5. Requerimientos hídricos y fertilización**

La higuera es un frutal que presenta requerimientos hídricos más bajos que los frutales tradicionales (80% respecto a uva de mesa). Dependiendo de la zona, los requerimientos hídricos de un huerto adulto son entre 4.000 a 6.500 m<sup>3</sup>/ha. Además, es un frutal con una gran tolerancia a la sequía, pudiendo sobrevivir incluso a sequías absolutas en zonas con precipitaciones de 80 mm/año con climas semiáridos, pero bajo esas condiciones no hay producción de fruta (sólo maduran algunas brevas, aunque en cantidades marginales).

Para un buen desarrollo de los frutos, las plantas deben estar bien regadas, y si hay restricciones hídricas durante el crecimiento de los frutos, puede haber caída de hojas y frutos. Respecto a la fertilización NPK, durante la plena producción se debería suministrar anualmente 100-60-150 unidades/ha, para un rendimiento potencial de 20 t/ha de higos.

### **6.1.6. Cosecha y rendimientos**

La producción puede comenzar al primer año, aunque generalmente se espera hasta el 2° ó 3° año para comenzar a producir. La plena producción se alcanza entre los 5 y los 8 años, dependiendo del marco de plantación. La maduración de los frutos es prolongada y se puede extender por dos meses o más dependiendo principalmente de las condiciones climáticas de la zona. Por ello es necesario efectuar la cosecha en varias etapas. Los higos son frutos delicados, lo que se debe tener en cuenta en la recolección. La cosecha de brevas se realiza durante el mes de diciembre, mientras que la cosecha de higos se extiende desde enero a mayo, en función de la zona. En general, el rendimiento productivo de huertos de higuera es de 5-20 toneladas de brevas por hectárea y 12-30 toneladas de higos por hectárea.

Puesto que la cosecha es manual, debe ser muy cuidadosa ya que los frutos son blandos y fácilmente se pueden dañar. Al momento de su máximo aroma y sabor el fruto todavía se encuentra fuertemente adherido a la rama. Además, la higuera desprende látex cuando las hojas, frutos o ramas presentan cortes, el cual puede causar fuertes irritaciones en la piel, por lo que al cosechar se recomienda el uso de guantes. El látex también puede dañar los frutos. Por este motivo, luego de cosecharlos se deben sacudir para evitar que el látex entre en contacto con la piel del fruto. La piel del fruto es muy delicada, con pruina pero sin ceras pro-

tectoras, por lo cual se debe manipular cuidadosamente y depositar los frutos cosechados en canastos o en bandejas acolchadas, ya que los daños mecánicos rápidamente provocan pardeamiento, sobre todo en variedades de piel verde.

## 6.2. La tuna (*Opuntia ficus-indica*)

La tuna o nopal es un cactus de origen americano que se ha cultivado para la producción de fruta, brotes tiernos (nopalitas), forraje, por su uso como hospedero de la cochinilla del carmín, insumo para la generación de biocombustibles y también para detener procesos de desertificación. Los distintos órganos de la planta presentan adaptaciones que le permiten tolerar el estrés hídrico, pudiendo sobrevivir e incluso prosperar en condiciones agroclimáticas extremas en que otras especies no lo lograrían (Franck, *et al.*, 2014).

### 6.2.1. Plantación

Se recomienda plantar las tunas en hileras simples, usando marcos de plantación entre 5 ó 4 metros entre hileras, y 2 a 0,5 metros sobre hilera. Como material de propagación es conveniente utilizar paletas de un año de edad, de forma regular, homogéneas entre si, y que no presenten daños físicos. Al coleccionar las paletas se deben cortar con un pequeño trozo de la paleta madre, y posteriormente se someten a un proceso denominado "curado", en que se dejan bajo sombra por 10 a 15 días, hasta que la zona de corte cicatrice. De no realizar el curado, puede haber importantes pérdidas de plantas producto de ataques fúngicos.

Las hileras se deben trazar, idealmente, en el sentido norte-sur, con las paletas dispuestas de la misma forma, ya que esto permite que una cara reciba el sol durante la mañana, y la otra, durante la tarde. Un aspecto fundamental en la plantación es el contenido de agua del suelo, ya que se debe plantar en suelo seco y en hoyos de plantación que permitan enterrar la mitad o 2/3 de la paleta (**Figura 36**). Si se planta en suelo húmedo, o se riega inmediatamente después de la plantación, seguramente habrá pérdidas de plantas por ataques de hongos. Se recomienda iniciar el riego cuando haya transcurrido un mes desde la plantación, o cuando se observe el crecimiento de raíces en las areolas de las paletas. Por otro lado, es importante utilizar hoyos de plantación del tamaño recomendado, ya que asegurarán un buen asentamiento de la planta y promoverán la emisión de raíces desde más de la mitad de las areolas de la paleta. Adicionalmente, esta



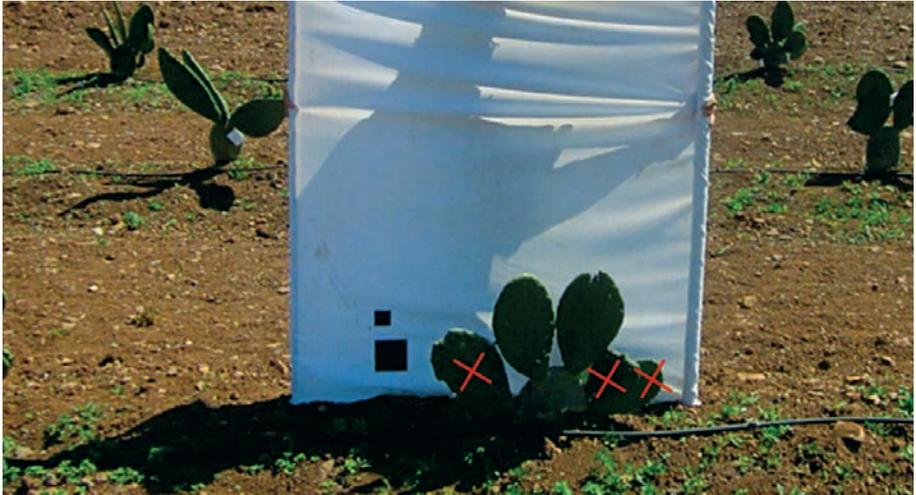
**Figura 36.** Plantación de tunas en suelo seco.

forma de plantar las tunas permite reducir el estrés por temperatura y radiación que ocurre cuando se planta con paletas acostadas y con una piedra o terrón encima, ya que con este método las paletas sufren deshidratación, se curvan los extremos, una menor proporción de areolas generan raíces y el asentamiento de la planta es superficial.

### **6.2.2. Poda de Formación**

La regla para la poda de formación de tunas es dejar 2 ó 3 paletas nuevas por paleta madre, cortando las paletas con cuchillo y dejando un pequeño tocón en la paleta madre, el que se secará y se desprenderá de forma natural (**Figura 37**). Las paletas se deben seleccionar cuando tengan entre 10 y 15 cm de largo, deben estar bien distribuidas en la paleta madre, tomando en cuenta el tamaño que tendrán cuando sean adultas, de modo que éstas no se traslapen entre ellas, ni con otras paletas de la planta. Se recomienda utilizar cuchillos bien afilados para podar, y también el uso de guantes para soldar, ya que son gruesos y largos (cubren el antebrazo). Además, se debe podar entre las 07:00 y las 11:00 h, ya que las plantas están más turgentes y resulta más fácil la poda. La poda de formación se debe realizar durante los 2 ó 3 primeros años, hasta que las plantas

alcancen 1,6-1,8 m de altura, ya que plantas más altas serán muy difíciles de cosechar. Una vez que las plantas tengan esa altura, debe comenzar la poda de producción y renovación (**Figuras 38 y 39**).



**Figura 37.** Planta en formación (9 meses). Cruces rojas indican paletas a eliminar.



**Figura 38.** Planta de tuna en formación, a 1,5 años de su plantación.



**Figura 39.** Planta de tuna de 1,6 m de altura y bien formada (2,5 años).

### 6.2.3. Poda de Producción

La fructificación de la tuna se produce en paletas de uno y dos años, siendo las de un año las más productivas. En ese sentido, cualquier corte de poda significará eliminar potenciales paletas productivas para la próxima temporada. Cuando las plantas hayan alcanzado la altura adecuada, se deberán considerar: (i) la cantidad de paletas productivas necesarias para alcanzar un determinado rendimiento (tomando en cuenta la densidad de plantación) y (ii) las paletas nuevas para la producción del año siguiente (Figuras 38 y 39). Por lo tanto, debe haber un equilibrio entre las paletas de 1 año y las paletas nuevas, lo que permita mantener una producción uniforme a lo largo del tiempo. Un aspecto a considerar es el hecho de que en Chile se producen 2 floraciones, una floración en primavera, cuyos frutos maduran en verano (al igual que en el resto del mundo); y una floración en otoño, cuyos frutos maduran en invierno. Del punto de vista productivo, las tunas de verano representan entre el 70 y 80% de la producción total de un año; mientras que, desde la óptica comercial, el precio de la fruta de invierno en el mercado interno es casi el doble en comparación con la fruta estival. Por otra parte, los países importadores de tuna (EE.UU., y algunos países europeos), consumen tunas producidas en el hemisferio norte, es decir, fruta que madura

entre los meses de mayo y septiembre, por lo que las tunas de verano que se producen en Chile están disponibles a contra estación.

#### 6.2.4. Raleo

El raleo de flores y frutos es una práctica que puede traer grandes ventajas en la calidad de tunas, y el precio de la fruta puede cubrir el costo de este manejo. Las paletas de tuna pueden tener una gran cantidad de flores (20 o más), pero la carga va en desmedro del peso final de los frutos. En ese sentido, se ha observado que cuando las paletas tienen más de 8 frutos, el tamaño de estos disminuye de manera significativa, por lo que se recomienda dejar un máximo de 6 a 8 frutos por paleta (**Figuras 40 y 41**). El raleo se puede realizar en floración (dos semanas antes o dos semanas después), y se deben cortar las flores/frutos cuajados dejando un pequeño tocón. Las flores/frutos cuajados seleccionados deben estar espaciados unos de otros, y se debe tener en cuenta el tamaño que tendrán a la madurez, de modo que los frutos puedan desarrollarse sin problemas. Idealmente se deben escoger los frutos ubicados en el borde de las paletas, y evitar los frutos que crezcan en la cara de la paleta, ya que a la madurez serán frutos con una curvatura en la porción basal, lo que dificultará la cosecha y limitará su vida de postcosecha.



**Figura 40.** Paleta de tuna con frutos cuajados antes del raleo.



**Figura 41.** Paleta de tuna con frutos cuajados seleccionados después del raleo.

### **6.2.5. Requerimientos hídricos y fertilización**

El requerimiento hídrico de tuna es equivalente al 20-30% de lo requerido por uva de mesa. Dependiendo de la zona, un huerto adulto de tunas requiere entre 2.000 y 3.000 m<sup>3</sup> de agua/ha; mientras que en el mes de máxima demanda hídrica (enero), el Kc de la tuna es de 0,45. Por otra parte, los requerimientos en fertilizantes son menores que los de cultivos tradicionales. Sin embargo, para alcanzar cosechas económicamente rentables necesita un adecuado aporte de nutrientes. Durante el primer año se sugiere aportar una fertilización NPK de 20-20-20 unidades/ha, mientras que al alcanzar la plena producción (5° año en adelante), sus requerimientos anuales son de 100-40-40 unidades/ha para producir 30 toneladas/ha.

### **6.2.6. Cosecha y rendimientos**

El rendimiento promedio de los tunales en Chile está en torno a las 10 toneladas por hectáreas; sin embargo, mediante la tecnificación (poda de formación, raleo, riego por goteo, entre otros) dichos rendimientos podrían más que duplicarse. Un tunal comienza a producir al segundo año, y alcanza su plena producción al quinto año, pudiendo producir por un largo período (más de 40 años).

La cosecha debe realizarse temprano en la mañana (6 a 9 de la mañana), utilizando guantes y cuchillos bien afilados. En las primeras horas del día, cuando la temperatura es baja y la humedad del aire alta, las pequeñas espinas presentes en los frutos, denominadas “glóquidos”, no se desprenden tan fácilmente lo que ayuda a la cosecha. Los frutos se deben coleccionar cortando una pequeña porción de la paleta productiva, la que se secará y desprenderá de manera natural, lo que favorecerá la vida de postcosecha de la fruta. Tradicionalmente se cosechan los frutos tirándolos o torciéndolos, lo que puede causar daños físicos importantes en la zona basal del fruto, lo que favorece el ataque de hongos (**Figuras 42 y 43**).



**Figura 42.** Tuna cosechada torciéndola (izq.) y cortándola con cuchillo (der.).



**Figura 43.** Planta de tuna en formación, a 1,5 años de su plantación.

Una vez cosechada la fruta, se deben remover los gloquídios, lo que se logra con mayor facilidad bajo condiciones de calor y aire seco, es decir, durante la tarde. La remoción de espinas se puede hacer de forma manual, colocando los frutos en camas de paja o sobre una malla raschel y barriéndolos con escobas, o usando máquinas especialmente desarrolladas para esta labor.

## Capítulo 7.

# Referencias bibliográficas

- Allen, R., L. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998.** Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage. Paper N°56. FAO. Rome, Italy.
- Calera, A., A. Jochum, A. Cuesta, A. Montoro and P. López. 2005.** Irrigation management from space: Towards user-friendly products. *Irrigation and Drainage Systems* 19(3):337-353.
- Campos, I., C. Neale, A. Calera, C. Balbontín and J. González-Piqueras. 2010.** Assessing satellite-based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.). *Agricultural Water Management*, 98(1):45-54.
- CIREN, 2005.** Estudio Agrológico IV Región. Publicación CIREN N° 129. Fuente CCU: <http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/> (CIREN, 2014; consultado en agosto de 2016).
- Balbontín, C. y A. Ibacache. 2014.** Estrategias de ahorro y control del agua de riego en el cultivo de la uva de mesa. 4p. Informativo INIA Intihuasi N°43. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena, Chile.
- Balbontín, C., M. Odi, R. Poblete, J. Garrido, I. Campos y A. Calera. 2016.** Uso de herramientas de teledetección y SIG para el manejo del riego en los cultivos. 50 p. Boletín INIA N°335. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena, Chile.
- Botti, C. 2001.** La Higuera (*Ficus carica* L.) Universidad de Chile, Santiago, Chile. 91 p.

- Ferreya, R., G. Sellés, e I. Sellés. 2001.** Riego deficitario controlado en nogales. Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. 36 p. Boletín INIA N°58. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional La Platina, Santiago, Chile.
- Ferreya, R., G. Sellés, L. Burgos, P. Villagra, P. Sepúlveda y G. Lemus. 2010.** Manejo del riego en frutales en condiciones de restricción hídrica. 100 p. Boletín INIA N° 214. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Plantina, Santiago, Chile.
- Franck, N. y V. Muñoz-Aravena. 2014.** Frutales para zonas áridas y semiáridas. Universidad de Chile, Series Ciencias Agronómicas N° 20, Santiago, Chile. 232 p.
- ODEPA-CIREN. 2015.** Catastro frutícola de la Región de Coquimbo. Santiago, Chile. 46 p.
- ODEPA-CIREN. 2015.** Catastro vitícola. [http://www.odepa.gob.cl/documentos\\_informes/catastro-viticola-nacional/](http://www.odepa.gob.cl/documentos_informes/catastro-viticola-nacional/). Consultado el 25 de julio de 2017.
- CIREN. 2005.** Estudio Agrológico IV Región. Publicación CIREN N° 129. Fuente CCU: <http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/> (CIREN, 2014; consultado en agosto de 2016).



BOLETÍN INIA N° 355

**Manejo hídrico en frutales  
bajo condiciones  
edafoclimáticas  
de Limarí y Choapa**