

REVISTA

# FRUTICOLA

COPEFRUT S.A.

Vol. 35 › N°1 › 2014

Aspectos prácticos  
para mejorar la  
gestión de riego  
en tiempos de  
escasez

Desafíos que  
plantean los  
recursos hídricos  
para Chile

ESPECIAL DE  
**RIEGO**

# COMPO: LA RAÍZ DEL ÉXITO



**Basacote® Plus**, fertilizante de liberación controlada para viveros y plantaciones nuevas, asegura un óptimo control en el aporte de nutrientes y minimiza los riesgos de quemadura en la raíz.

**Basfoliar® Roots**, bioestimulante en base a auxinas y aminoácidos que mejora y estimula el crecimiento radical.

**Un buen crecimiento radical,  
es La Raíz del Exito de su plantación.**



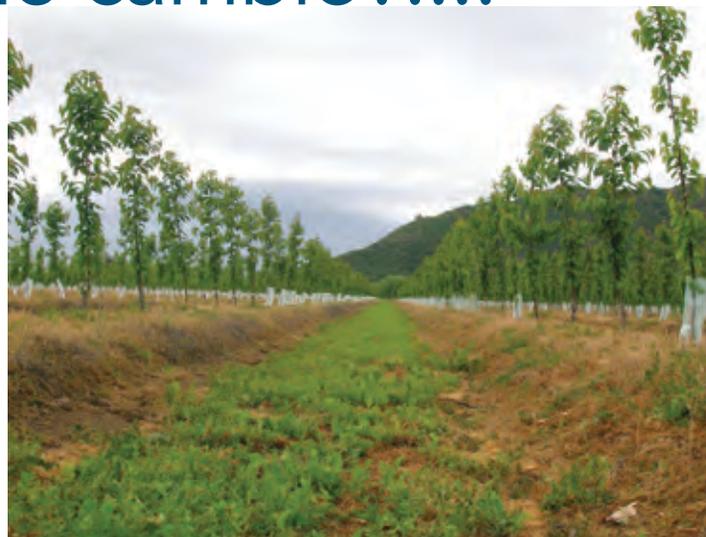
*Precisión Alemana en Nutrición Vegetal*

# ¿Panorama complejo?..... O ... ¿momento de cambio?....

**E**stamos haciendo frente a un año muy difícil desde el punto de vista productivo y... comercial. Por un lado todos los acontecimientos climáticos, que significaron disminución de rendimiento en algunas especies y de calidad en otros, sumado a importantes mercados tradicionales que están deprimidos por factores internos, han hecho una temporada muy compleja.

Mucho hemos escrito sobre la necesidad urgente de realizar cambios, en los sistemas productivos, ya que las formaciones tradicionales, que en general, son sistemas de mediana densidad, de portainjertos semi vigorosos y donde se concentra la gran mayoría de nuestros huertos, están teniendo problemas serios de calidad, principalmente porque la fruta que produce es heterogénea, necesita de una mayor cantidad de mano de obra para llegar a término, tiene asociado problemas de vicios ocultos y, de costos asociados a la producción cada vez más elevados.

El desafío en el corto plazo es urgente. Necesitamos dar grandes pasos en un corto tiempo, transformando rápidamente nuestro sector en cada una de sus etapas. En el caso de los productores, cambiando sus huertos tradicionales a peatonales, de alta mecanización de labores y con sistemas de administración y gestión modernas. En el caso de las plantas procesadoras de fruta, debemos también hacer esfuerzos rápidos en alcanzar la tecnología disponible actualizada, con uso de robótica y mecanización, de manera de automatizar al máximo los procesos, para brindar a la fruta los cuidados y tratos que los mercados hoy exigen. En el caso de las ventas, la globalización exige estar día a día con una mayor presencia en los distintos mercados, con una calidad de postventa perfecta, y así



obtener todos los beneficios de la exportación.

No podemos dejar de mencionar la crisis energética, la falta de disponibilidad de mano de obra, la falta de compromiso y de cultura de hacer bien las cosas, las restricciones en las leyes laborales, entre otras, que son un incentivo fuerte a la automatización de la agricultura.

Chile y Copefrut tienen una marca y un prestigio consolidado, lo cual nos obliga a realizar rápidamente los cambios con el fin de mantener y asegurar la competitividad de nuestro sector, el cual está siempre expuesto a crecientes barreras y exigencias comerciales, las que debemos cumplir para mantener el lugar que nos hemos ganado en el mundo.

La premura y asertividad de estos, determinarán el destino final de nuestra Industria.

**¡DE NOSOTROS..... DEPENDE !**

## FRUTICOLA

### DIRECTOR

Luis Espindola Plaza

### COMITÉ EDITORIAL

Claudio Baeza Bustos  
Francisca Barros Bisquertt  
Fernando Cisternas Lira  
Andoni Elorriaga De Bonis  
Cristián Heinsohn Salvo  
Luis Valenzuela Medina

### GERENCIA DE PRODUCTORES

Cristián Heinsohn Salvo  
Claudio Baeza Bustos  
Andoni Elorriaga De Bonis  
Luis Valenzuela Medina  
Luis Espindola Plaza  
Fabián Mesa Latorre

### Ramón Galdames Henríquez

Hugo Fuentes Villavicencio  
Patricio Seguel Grenci  
Mauricio Navarro Olea  
Pabla Nuñez Atenas  
Julia Díaz Ponce  
Alejandro Bontá Brevis  
Jorge Albornoz Hurtado  
Juan Ramírez Ibarra

### CONSULTORES

Roberto González R. | Ing. Agr. M.Sc., PhD.  
Eduardo Alonso S. | Ing. Agr., M.Sc. PhD  
Mario Alvarez A. | Ing. Agr., PhD.  
Blanca Luz Pinilla C. | Ing. Agr., M.Sc.  
Juan Pablo Zofolli | Ing. Agr., M.Sc.  
Antonio Lobato S. | Ing. Agr.

### PERIODISTA

Carolina Marcet Mir

### REPRESENTANTE LEGAL

Fernando Cisternas Lira  
Gerente General Copefrut SA

### COPEFRUT S.A.

Casa Central: Longitudinal Sur Km. 185,  
Romeral. Fono: (075) 2209100,  
revistafruticola@copefrut.cl, www.copefrut.cl

### SECRETARIA

Katty Castillo A. | Fono: (075) 2209157

### DISEÑO Y PRODUCCIÓN

acuadrado diseño gráfico  
grafica.a2@gmail.com

### PORTADA

Tranque de acumulación.  
Gentileza Luis Valenzuela.

• El contenido publicitario es de exclusiva responsabilidad de los avisadores.

• La referencia de nombres de productos químicos y similares, no constituyen necesariamente una recomendación.

• Se prohíbe la reproducción total o parcial de los artículos, sin la autorización expresa de la Dirección de la Revista.



10



17



31



46

3

ASPECTOS PRÁCTICOS PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RIEGO EN TIEMPOS DE ESCASEZ.

Cristian Heinsohn, Claudio Baeza.

7

ENTREVISTA GUILLERMO BALTRA, GERENTE EMPRESA CONSULTORA EN ENERGÍA  
Carolina Marcet

10

OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL AGUA Y RENDIMIENTO EN UN HUERTO COMERCIAL DE MANZANOS (CV ROYAL GALA)

Samuel Ortega-Farías

17

LOS DESAFÍOS QUE PLANTEAN LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA CHILE

Fernando Santibáñez

24

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Jorge Eduardo Holzapfel A. y Eduardo A. Holzapfel

31

GIRA TECNOLÓGICA ESPAÑA 2013 SEGUNDA PARTE: ZARAGOZA

Patricio Seguel

36

INNOVACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS EN LA MULTIPLICACIÓN DE LAS ESPECIES LEÑOSAS

Filiberto Loreti

46

EPIDEMIOLOGIA Y MODELOS DE PREDICCIÓN PARA EL MANEJO DE VENTURIA DEL MANZANO

Eduardo Donoso

53

ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES EN FRUTOS DE KIWI: ESTUDIO PROSPECTIVO EN UN HUERTO COMERCIAL.

Juan Hirzel Campos

57

AGROCLIMATOLOGÍA

Luis Espíndola

58

NOTICIAS

## JUNTA DE ACCIONISTAS

Destacando el sólido proceso de crecimiento y desarrollo experimentando por Copefrut a través del tiempo, además de reiterar el compromiso de trabajo en conjunto con los productores, el presidente del Directorio, José Luis Soler, encabezó la Junta Anual de Accionistas, desarrollada en el mes de Abril en el Salón Auditorio de Casa Matriz.

Al realizar un recuento del desempeño de la empresa durante el ejercicio 2013, José Luis Soler agradeció el trabajo de todos los colaboradores y expresó su confianza en el Plan Estratégico de Negocios en marcha en la compañía, que establece los objetivos y metas para los próximos años.

“Uno de los pilares de nuestro desarrollo está constituido por nuestros productores, son claves para el éxito de la compañía.



Con ellos mantenemos sólidas relaciones de beneficio mutuo que nos han permitido construir una alianza estratégica de largo plazo. El foco de este compromiso es contribuir en su desarrollo tecnológico y de gestión, con el propósito que logren el mejor desempeño posible, considerando las innumerables exigencias de calidad que imponen los diferentes mercados”, señaló en el encuentro.

# Aspectos prácticos para mejorar la gestión de riego en tiempos de escasez



Foto 1. Tranque acumulador.

“EN NUESTRA ZONA FRUTÍCOLA, LOS EMBALSES REGULADORES SE HAN VISTO MERMADOS DE MANERA DRAMÁTICA EN SU CAPACIDAD DE ALMACENAJE.”

**CRISTIAN HEINSOHN**  
**CLAUDIO BAEZA**  
Gerencia Productores  
COPEFRUT SA.

Los últimos años nos hemos visto enfrentados a graves problemas producto de la falta de lluvias, que es la fuente más importante de agua para uso agrícola.

Todos los estudios de expertos en el tema climático, señalan que este fenómeno de disminución de aguas lluvias y el avance de la desertificación de la zona Central de Chile es una tendencia

que va en aumento, producto además de los ciclos naturales por las alteraciones climáticas debido al calentamiento global del planeta.

En nuestra zona frutícola, los embalses reguladores se han visto mermados de manera dramática en su capacidad de almacenaje, ya que las aguas recogidas del invierno, año a año, no han sido capaces de reponer lo que se ocupa en la temporada de riego, produciendo déficit que demoraría varios inviernos lluviosos para restablecer su cota normal.

Por lo tanto, esta situación que nos está



**Foto 2.** Desarenador.

afectando a todos, debemos enfrentarla de manera integral, ya sea a nivel de autoridades, como a nivel de usuario, que es donde podemos intervenir, y es a lo que nos referiremos a continuación.

## CANALES DE RIEGO

Los canales de riego son obras de ingeniería importantes, que deben ser muy bien pensadas en su diseño, las

cuales están establecidas en curvas de nivel, siguiendo una pendiente que permita al agua avanzar, sin producir daños de anegamiento, o también de erosión.

El tamaño de estos, debe ser suficientemente ancho y profundo para poder conducir el agua en los momentos de mayor caudal, como también debe estar trazado de tal manera de poder derivar porciones de agua de acuerdo a las necesidades y derechos de cada huerto y/ o cuartel, que en el caso de

ser extra predial se realiza a través de marcos partidores, o de compuertas si es intrapredial.

Lo primero que tiene que hacer un productor, una vez que ha terminado su período de riego es, analizar cada una de las etapas y pasos que hizo durante la temporada anterior y, revisar minuciosamente, a nivel predial, todas las posibles mejoras que se podrían hacer desde el punto de partida del agua, hasta que esta llegue a la caseta de riego o tranque acumulador.

En ese nivel, existen muchas pérdidas que es necesario aminorar y, que dependiendo de la situación, va desde el revestimiento de canales, o en caso de poseer menos recursos, el tener un canal de distribución libre de malezas, que tenga una pendiente adecuada y que sea lo más directo posible, para así disminuir las pérdidas por conducción. También, es necesario observar los posibles puntos de fuga, como sectores bajos, revestimientos erosionados, raíces de árboles, también robos y desvíos no autorizados, que son más frecuentes de lo que uno piensa, durante el período de riego.

Muchos estudios señalan que en la conducción sin revestimiento, se puede perder más del 50% del agua, siendo esta una de las mayores causas de disminución del recurso hídrico.

Un tema no menor, y que ha ido aumentando en el tiempo es la cantidad y tipo de basura que acompaña a los canales de riego y que dificulta el curso expedito y libre del agua hasta el punto inicial de riego. Esta situación obliga a construir sistemas de limpieza, que impidan el acceso de estos contaminantes al sistema de regadío dentro del predio, o cuartel. Es frecuente encontrar que producto de la acumulación de basura se tapen sifones o se estrechen los canales, produciendo roturas de ellos y por lo tanto, disminución de los caudales.

Esto, que se acaba de mencionar, que parece tan simple y lógico y, que en su mayor parte no se realiza, puede en la práctica significar un ahorro considerable del agua de riego, que se pierde en este trayecto, sin cumplir con el objetivo básico que es llegar al sistema de distribución y finalmente a las plantas.

## TRANQUE ACUMULADOR

Los tranques acumuladores están cada vez cobrando mayor relevancia, ya que permite, entre otras cosas, regular los caudales y con esto, mantener una entrada constante de agua a las bombas de riego, como también, en caso de contar con un pozo profundo, disminuir las constantes partidas y paradas de la bomba, que implican un aumento importante de gasto de energía.

En situaciones de turnos de riego los tranques son fundamentales, también en el caso de tener eventuales pérdidas de agua por derrames al final del sistema o poder aprovechar en una emergencia de otra fuente de agua distinta, como norias, derrames, etc. permite unir esas aguas y recuperarlas para aumentar la disponibilidad.

En general, la construcción de un acumulador económicamente es factible de

hacer. Para esto, normalmente se ocupa maquinaria pesada y cubiertas impermeables que permitan sellar la superficie o en muchos casos, dependiendo del tipo de arcilla que posea el suelo, se ocupan sin revestimiento, que aunque no es ideal, permite salir del paso y disponer con mayor facilidad de este recurso, sobre todo en los momentos críticos

Su tamaño estará determinado por la cantidad de agua que tiene el predio y la cantidad de horas que se utilizarán para acumular.

Un tranque, no genera más agua, pero permite aprovecharla mejor. Parte de ella se puede acumular y utilizar más tarde. Entrega mayor seguridad de riego y por lo tanto, mejora la eficiencia en la gestión del uso del agua.

Uno de los grandes problemas, de los tranques es la acumulación de sedimentos, lo que necesariamente obliga a limpiarlos cada ciertos años. Este proceso es caro

y lento, y muchas veces cuando los tranques son de gran envergadura es de tan alto costo, que se dejan abandonados.

Para un buen diseño, es necesario tener en cuenta una serie de factores como son la ubicación, el tipo de suelo, la cantidad de hectáreas a regar y el cultivo entre otros.

## DESARENADORES

Para aumentar la vida útil de un tranque, o disminuir la frecuencia de limpieza es importante contar con desarenadores, que son estructuras que tienen como finalidad disminuir la velocidad del agua de los canales conductores hasta un límite que permita que las partículas que acarrea el agua sedimenten antes que lleguen al tranque, o, al equipo de riego.

Son muy pocos los predios que cuentan con esta estructura, la cual tiene también

# SOLUCIONES DOW AGROSCIENCES PARA EL CONTROL DE POLILLAS



**Delegate®** es un insecticida de origen natural, muy activo para el control de polilla. Sin residuos a cosecha, a los 21 días con una aplicación y 30 días con dos aplicaciones consecutivas.

**Delegate®**  
INSECTICIDA



**Dow AgroSciences**

[www.dowagro.cl](http://www.dowagro.cl)

*Soluciones para un mundo en crecimiento*

\* Marca registrada de The Dow Chemical Company ("Dow") o una compañía afiliada de Dow



Lea cuidadosamente la etiqueta antes de usar

como objetivo, disminuir el trabajo de los filtros en los riegos presurizados, ya que mientras más sucia es el agua, el equipo debe realizar un mayor número de retrolavados para limpiar el filtro, disminuyendo los tiempos de riego efectivos y, por lo tanto aumentando la ineficiencia del uso de agua.

Su costo, es relativamente bajo y tiene que ser diseñado por un especialista, ya que debe cumplir ciertas especificaciones, tanto de dimensiones como de pendiente, y a la vez que sea autolimpiante.

## SISTEMA DE RIEGO

El método de riego es fundamental en el aprovechamiento efectivo del agua. Hoy día cualquier plantación que se planifique debe obligadamente tener en cuenta algún tipo de riego presurizado.

Desde el punto de vista del uso del agua, la tendencia es usar riego por goteo, el que tiene muchas ventajas como:

- Una eficiencia de riego muy alta, pudiendo llegar a un 90-95%.
- Una distribución en el suelo muy uniforme.
- El sistema no necesita una supervisión permanente.
- Se puede aplicar fertilizantes y pesticidas a través del sistema.

Uno de los graves problemas que se ha generado con los sistemas de riego presurizado y su establecimiento, es que no se han tenido en cuenta aspectos agronómicos, ni tampoco de eficiencia energética al momento de su diseño, donde sólo se ha considerado la inversión inicial.

Un buen diseño debiera contemplar:

La energía que se utilizará, ya que ese gasto lo acompañará durante toda su vida útil (a mayor diámetro de cañería, mayor costo inicial; pero menor gasto de energía).

La fuente de agua y su pureza. Dependiendo de la calidad del agua será el tipo de filtro que se use. En el caso de esta zona, uno de los filtros mejores adaptados es el de arena. Hay filtros como los de malla, necesitan obligadamente agua limpia, porque o si no la cantidad

“ES IMPORTANTE  
CONOCER LAS  
**DEMANDAS DE  
AGUA** POR LOS  
CULTIVOS, DE MANERA  
DE AJUSTAR DE LA  
MEJOR FORMA POSIBLE,  
LAS CANTIDADES DE  
AGUA Y OPORTUNIDAD  
DE RIEGO NECESARIAS  
PARA REALIZAR  
EFICIENTEMENTE  
ESTA LABOR.”

de retrolavados hacen muy ineficiente el sistema.

Combinación de diámetros de cañerías adecuadas para disminuir al máximo la pérdida de carga, como también largo de mangueras adecuados para mantener uniformidad de riego.

Hay que tener en cuenta que un buen diseño de riego debe considerar tanto la parte agronómica como hidráulica.

La parte agronómica está directamente relacionada con la uniformidad y eficiencia.

Hay que destacar que la uniformidad es fundamental en la eficiencia de riego, ya que repercute de manera significativa en los rendimientos.

La uniformidad puede verse afectada por factores de diseño, hidráulicos, envejecimiento del sistema, obturaciones y diferencias de temperaturas.

La eficiencia de aplicación está relacionada con el almacenamiento real de agua en la zona de la raíz para satisfacer las necesidades del cultivo.

El diseño hidráulico del equipo de riego considera datos estructurales y físicos como son: tipo de conexión, diámetro interno y longitud de las tuberías, accesorios, tipo de emisor, velocidades del flujo, caudal total, pérdidas de carga, tipo de bomba, etc., y que constituirá el equipo de riego propiamente tal.

## MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Uno de los grandes problemas que se enfrentado en la práctica la operación del riego es el conocimiento y competencia de las personas vinculadas a esta actividad.

La operación de riego necesita mucho control, tanto del funcionamiento de los equipos, como también de la correlación que hay que llevar entre tiempo de riego y frecuencia a lo largo de la temporada de crecimiento.

Es necesario capacitar a las personas responsables del riego y establecer sistemas de control para evitar errores de excesos o falta de agua, como también de oportunidad de riego.

Esta labor, está tomando cada vez más importancia económica, y por lo tanto el personal debiera ser regularmente capacitado para una mejor operación.

El mantenimiento periódico forma también parte importante en el ahorro de agua y energía. A veces por no preocuparse de la mantención, los equipos riegan mal, con pérdidas importantes productivas y con daños en los equipos cuya reparación resulta alta.

## CONCLUSIONES

La gestión del riego cobra cada vez más relevancia debido entre otras cosas a que el recurso cada vez es más escaso y de alto costo energético.

Es importante conocer las demandas de agua por los cultivos, de manera de ajustar de la mejor forma posible, las cantidades de agua y oportunidad de riego necesarias para realizar eficientemente esta labor.

Se hace inminente desarrollar planes de acción, con anticipación a la temporada, de manera de realizar los cambios necesarios con suficiente antelación.

La superficie cultivada ha aumentado a una velocidad mucho mayor que las inversiones en infraestructura de riego, lo cual sumado a la disminución de las reservas hídricas merece concentrar todos los esfuerzos posibles por cuidar y darle mayor valor a este recurso. **RF**

GUILLERMO BALTRA, GERENTE EMPRESA CONSULTORA EN ENERGÍA:

# PROMOVRIENDO EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Los principales aportes para la industria frutícola que presenta el uso de este tipo de energía, aborda este ingeniero eléctrico quien cuenta con una larga trayectoria y experiencia en el tema. Ventajas, desventajas, normativa legal, requerimientos y plazos, en la siguiente entrevista.

— **¿Cuál es el diagnóstico de la situación energética en el país, cómo afecta a la industria en general y a la industria frutícola en particular?**

— El mundo enfrenta actualmente un proceso de cambio climático que está afectando la vida en todos los sentidos, una de las consecuencias de este cambio se refleja en la disminución paulatina del acceso al agua de riego en la mayoría de los lugares. Por otra parte, la industria en nuestro país y particularmente la industria frutícola, también enfrentan la problemática de la escasez de mano de obra, que impacta fuertemente en el costo de las actividades, ya que obliga a emplear cada vez más medios tecnificados para las labores agrícolas.

Todo lo anterior redundando en la ocupación de cantidades crecientes de energía eléctrica, los pronósticos de las tarifas de mediano y largo plazo también apuntan a un crecimiento de los costos. La combinación de ambos efectos lleva a concluir que el gasto de energía eléctrica como porcentaje de los costos de operación de los predios agrícolas aumentará significativamente, afectando de manera importante los resultados económicos del agro.

Es importante que los empresarios del rubro agrícola tomen desde ya sus resguardos ante una situación inevitable, de manera de mantener su viabilidad económica y su competitividad en los mercados internos y de exportación.

Nuestra propuesta apunta a que la mejor forma de reducir las cuentas eléctricas se orienta hacia el uso racional de este insumo,



“LA INDUSTRIA EN NUESTRO PAÍS Y PARTICULARMENTE LA INDUSTRIA FRUTÍCOLA, ENFRENTA LA PROBLEMÁTICA DE LA **ESCASEZ DE MANO DE OBRA**, QUE IMPACTA FUERTEMENTE EN EL COSTO DE LAS ACTIVIDADES, YA QUE OBLIGA A EMPLEAR CADA VEZ MÁS MEDIOS TECNIFICADOS PARA LAS LABORES AGRÍCOLAS.”



Instalación Fotovoltaica eólica 5,5 kWp



Instalación Fotovoltaica eólica 3 kWp

disminuyendo los consumos eléctricos con inversiones que sean económicamente rentables, al compararlas con el gasto en cuentas eléctricas que se están realizando. En este aspecto la ejecución de auditorías energéticas y la instalación de plantas de generación eléctrica mediante energías renovables ofrecen una buena alternativa para conjurar la presión de costos por energía eléctrica que se está viviendo hoy y aumentará más en el futuro.

#### — ¿Cómo ha sido el desarrollo de la energía solar fotovoltaica?

— La tecnología Fotovoltaica tiene innumerables aplicaciones, donde todas finalmente redundan en generar electricidad a partir de la energía solar. Por ejemplo, suministro de electricidad en localidades

aisladas, sistemas de suministro de electricidad en caso de emergencia, suministro de electricidad para residencias, pymes, campos agrícolas y frutícolas, minería, sistema interconectado del país, entre otros. La excelente disponibilidad del recurso solar en Chile, sumado a la baja complejidad en cuanto a su mantención y operación ha llevado naturalmente a que los interesados se inclinen por la energía solar fotovoltaica, consiguientemente Global Axxis ha centrado sus acciones en planta solares fotovoltaicas sin por eso abandonar los proyectos eólicos.

#### — ¿Cómo ha sido su desarrollo en la industria agrícola?

— Es precisamente en la agricultura donde esta tecnología está entrando muy

fuerte y el área donde hemos instalado más plantas Fotovoltaicas. La necesidad de extraer agua de pozos profundos y bombear hasta acumuladores, y el dar tratamiento al agua de riego para luego enviarlo al sistema de riego controlado, ha subido las cuentas eléctricas en un gran porcentaje.

Apoyándose en la ley 20.571, las plantas fotovoltaicas generan para sí mismas la energía eléctrica que se requiere durante el día y entregan a la red sus excedentes. Posteriormente se recuperan los excedentes de la misma red durante la noche, pudiendo llegar a una cuenta de energía eléctrica nula e inclusive recibiendo una compensación económica por parte de la compañía distribuidora.

La disponibilidad de terrenos y la necesidad de suministrar energía eléctrica a los sistemas de bombeo y de riego tecnificado ha vuelto esta tecnología ideal para las empresa agrícolas y frutícolas.

#### — ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este tipo de energía?

— La mayor desventaja que presenta la generación por energía solar es que no se produce durante la noche, por lo que es necesario tener un sistema de respaldo, que puede ser conectándose a la red pública o contar con un banco de baterías. En el caso de los sistemas conectados a la red pública, no generan energía cuando se corta el poder eléctrico externo. Los sistemas autónomos por su parte, necesitan mantención constante y reemplazo de las baterías, junto con un

## EFICIENCIA ENERGÉTICA

Guillermo Baltra Aedo, Ingeniero Eléctrico Naval, Ms. y Nuc. E. del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.), es Gerente Desarrollo Energético de Global Axxis, ([www.globalaxxis.cl](http://www.globalaxxis.cl)) consultora de ingeniería independiente que se especializa en proyectos de energía renovables no convencionales (ERNC). Sus servicios abarcan todas las fases de los proyectos, desde las mediciones de los recursos, selección de emplazamiento, diseño del proyecto hasta la construcción, instalación y puesta en marcha.

“Nuestro objetivo es promover la eficiencia energética y su uso racional en Chile, así como la diversificación de las fuentes de energía y el desarrollo de proyectos a través de la optimización del consumo eléctrico y el uso de energías renovables no convencionales. Entre nuestros clientes se encuentran en residencias privadas, pequeñas y medianas empresas, empresas agrícolas y frutícolas, centrales eléctricas, financiadores, grandes empresas, promotores y otras organizaciones del sector público y privado”, señala.

mayor costo de inversión, comparados con la misma potencia en sistemas conectados a la red.

Las mayores ventajas de las plantas o huertos solares es que se tiene un sistema de generación eléctrica prácticamente libre de mantenimiento, con tasa de falla casi nula. Se usa un combustible disponible todo el día aunque esté nublado o lloviendo, proveniente de una fuente inagotable como es el sol. No contaminan, por lo que son especialmente adecuados para la agricultura, donde se buscan productos saludables.

Su instalación es completamente modular, permitiendo crecer la planta de acuerdo a las necesidades de cada interesado. Sin duda que la mayor ventaja es el importante ahorro en la cuenta de energía eléctrica, que vuelve rentable la inversión en este tipo de plantas.

#### — ¿Cuáles son los requerimientos para instalar plantas Fotovoltaicas?

— Los requerimientos para instalar estas plantas son muy simples, recomendamos usar terrenos disponibles que se ubiquen cerca del medidor o empalme del campo. El terreno debe estar libre de sombras y en un sector donde no son esperables inundaciones. También son muy adecuados los techos de galpones, casas y casetas que tengan sus aguas mirando en la dirección general norte. Lo anterior es un ideal ya que todo terreno

“LOS REQUERIMIENTOS  
PARA **INSTALAR  
ESTAS PLANTAS**  
SON MUY SIMPLES,  
RECOMENDAMOS USAR  
TERRENOS DISPONIBLES  
QUE SE UBIQUEN  
CERCA DEL MEDIDOR O  
EMPALME DEL CAMPO.  
EL TERRENO DEBE ESTAR  
LIBRE DE SOMBRAS Y  
EN UN SECTOR DONDE  
NO SON ESPERABLES  
INUNDACIONES.”

es susceptible de ingeniería para corregir sus circunstancias.

#### — ¿Cuál es la normativa legal que rige para este tipo de plantas?

— En el país se cuenta con un cuerpo legal que permite el desarrollo de estas tecnologías, como es el caso del D.L 244 que regula la instalación de plantas de Energías Renovables hasta 20.000 kW denominados pequeños medios de generación distribuida (PMGD) y la ley 20.571 promulgada y publicada en el

diario oficial en el año 2012, que aprueba el sistema de medición en ambos sentidos para empalmes hasta 100 kW.

Esta última ley es sumamente adecuada para los predios con riego tecnificado. Cabe señalar que la ley 20.571 fue promulgada y publicada en el año 2012 pero ha existido una demora en publicar el reglamento propio de la ley, por lo que por ahora las plantas que se instalen se deben calcular para suministrar solamente bajo régimen de autoconsumo.

#### — ¿Qué proyectos se encuentran realizados y cuál es el plazo de ejecución de las instalaciones?

— En lo que se refiere a la parte agrícola, tenemos estudios e instalaciones hechas en huertos ubicados en la zona de Nogales, Hijuelas, La Peña, Romeral y Limache. En cuanto a empresas, contamos con estudios e instalaciones ejecutadas en Santiago y Buin. En residencias particulares, hemos realizado estudios e instalaciones en Viña del Mar, Quillota y Limache.

El tiempo que demora cada instalación depende del tamaño de la misma, pero una planta solar para un predio agrícola mediano, puede tomar en promedio cerca de tres meses, incluyendo el tiempo que tardan en llegar los equipos importados, pues cuidamos mucho la calidad de los implementos, haciendo importaciones directas de fábricas de conocida reputación. **RF**



**TAZER FLO**  
COBRE DE ÚLTIMA GENERACIÓN

- Alta Biodisponibilidad de cobre al cultivo.
- Excelente cobertura y protección.
- Formulación líquida SC, alta estabilidad y adherencia, excelente protección.

syngenta.



DESCÚBRENOS  
Descarga Neoreader desde tu móvil en:  
<http://get.neoreader.com/>  
[www.syngenta.cl](http://www.syngenta.cl)

Lea siempre la etiqueta antes de usar el producto. Entregue los envases vacíos con Triple Lavado en los Centros de Acopio. **Aflpa**  
Para mayor información contacte a nuestros representantes zonales o llámenos al (02) 2941 0100

© Marca registrada por Nufarm



# Optimización del uso del agua y rendimiento en un huerto comercial de manzanos (cv Royal Gala)

## SAMUEL ORTEGA-FARIAS

Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), Universidad de Talca, Chile.  
Casilla 747, Talca, Chile.  
E-mail: sortega@utalca.cl

## DR. MARCOS CARRASCO-BENAVIDES

(Facultad de Agronomía, Universidad Católica del Maule)

RODRIGO MORALES (CITRA)

“ES FUNDAMENTAL UTILIZAR MODERNAS TECNOLOGÍA DE RIEGO QUE PERMITAN AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA (KILOS DE FRUTA PRODUCIDA POR M<sup>3</sup> DE AGUA APLICADA).”

## INTRODUCCIÓN

El manzano, corresponde a una de las especies frutícolas mayormente cultivada en un amplio tipo de climas, suelo y disponibilidad de agua para riego (Zegbe et. al., 2007). Sin embargo, la disponibilidad de agua se ha convertido en una limitante, principalmente debido a las fuertes sequías ocasionadas por el cambio climático y el fenómeno de la niña, el cual ha generado disminuciones significativas de las precipitaciones (Herrera, 1999; Parra-Quezada et. al., 2005).

Esto ha producido graves consecuencias en diversos sectores económicos del país, entre ellos la agricultura, transformando al recurso hídrico como uno de los factores limitantes para el crecimiento de la industria frutícola en diversas regiones de Chile. Por esta razón es fundamental utilizar moderna tecnología de riego que permitan aumentar la productividad del agua (kilos de fruta producida por m<sup>3</sup> de agua aplicada) y con ello adaptar la fruticultura a los posibles escenarios de escasez hídrica en el futuro.

Debido a lo anterior, el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA, [www.citrautalca.cl](http://www.citrautalca.cl)) de la Universidad de Talca junto a la Comisión Nacional de Riego (CNR) implementaron el “Servicio de Programación y Optimización del Uso del Agua de Riego (SEPOR)” con el objetivo de asesorar a los agricultores en la programación del riego de cultivos, frutales y viñas. Este sistema entrega a los agricultores información climática básica (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación

solar y precipitaciones) y procesada (evapotranspiración de referencia, tiempos de riego y frecuencias de riego), la cual ha permitido optimizar el rendimiento, calidad y uso del agua en viñas, olivos, manzanos, frambuesos, arándanos, maíz y tomate ([www.sepor.cl](http://www.sepor.cl)). A continuación se describen las etapas básicas de la programación del riego incluidas en el SEPOR:

#### a) Determinación del consumo de agua

La medición del clima es fundamental para estimar el consumo de agua, la cual se cuantifica como:

$$ETa = ETo * Kc \quad (1)$$

donde ETa = evapotranspiración actual (mm/día); ETo = evapotranspiración de referencia (mm/día); Kc = coeficiente de cultivo. La ETo es calculada usando el modelo de Penman-Monteith que utiliza como variables de entrada la temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. Esta información climática es obtenida a través de una red de estación meteorológica automática.

#### b) Determinación la cantidad de agua almacenada en el suelo

Para determinar la cantidad de agua disponible para la planta se requiere medir en forma simultánea las siguientes variables:

- propiedades Físico-Hídricas tales como la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y densidad Aparente (Da) que permiten determinar la capacidad de estanque del suelo.

- aportes de agua a la zona de raíces tales como la precipitación efectiva y evolución de la napa freática.

- profundidad efectiva de raíces donde se ubica el mayor porcentaje de raíces. Para esto es necesario realizar calicatas para cada tipo de suelo presente en el huerto.

- Criterio de Riego (CR) que corresponde al máximo nivel de agotamiento

del agua en el suelo para evitar un estrés hídrico por falta o exceso de agua; por tanto un riego adecuado debe mantener el contenido de agua en el suelo entre CC y CR. En el caso de los huertos de manzanos regados por goteo se recomienda un CR del 50% de la humedad aprovechable (HA = CC-PMP).

#### c) Determinación del coeficiente de cultivo para el manzano

El efecto del estado fenológico sobre el consumo de agua de un huerto está representado por el coeficiente de cultivo (Kc), el cual depende de las interacciones no lineales entre el suelo, variedad (vigor) y clima (Ortega-Farias et al., 2009). En relación a esto, el manzano presenta tres fases de crecimiento claramente definidas; la primera comienza con la brotación y dura aproximadamente 90 días, con un coeficiente de cultivo (Kc) que va desde 0,55 hasta 1,0 a fines de diciembre. La segunda etapa se extiende desde los primeros días de enero hasta la cosecha (fecha que dependerá de la variedad), manteniendo un Kc constante de 1,0, mientras que la tercera etapa transcurre entre la cosecha y la caída de las hojas período que dura entre 20 y 50 días, manteniendo un Kc de 0,7 (Ferreira y Sellés, 2001). Por su parte Allen (1998), dice que el Kc para Manzanos va de 0,6 a inicios de temporada, para luego llegar a un máximo de 0,95 en cosecha y finalmente decaer luego de cosecha hasta 0,75. Aunque diversas

investigaciones en la estimación de los valores de Kc se han llevado a cabo por décadas, continúa habiendo desacuerdo en la exactitud de dichos coeficientes bajo diferentes condiciones, ya que este factor se encuentra en función del clima, variedad, suelo, sistema de conducción y manejo agronómico, entre otros. Es por ello que se hace necesario realizar una calibración local de los valores del Kc para las condiciones específicas de los huertos. Al respecto, el SEPOR desarrolló una metodología basada en mediciones climáticas y estado hídrico del huerto para corregir los valores de Kc según la variedad, fenología e interacción suelo-planta-atmósfera. Esto ha permitido ahorros de agua entre un 20 y 45% en la producción de manzanas sin afectar los rendimientos y calidad de la fruta.

En relación a lo anterior, el presente artículo tiene por objetivo principal presentar una aplicación práctica de la metodología del SEPOR para programar el riego de un huerto comercial de manzano ubicado en la comuna de Pelarco, Región del Maule. Esto consistió en determinar los volúmenes de agua óptimos para los principales períodos fenológicos del manzano basado en las condiciones locales de suelo, variedad y clima. Para ello, se evaluó el efecto de cinco niveles de reposición hídrica sobre el consumo de agua, componentes del rendimiento y productividad del agua en la variedad Royal Gala. Para cumplir con el objetivo anterior fue esencial determinar: a) el consumo de agua del manzano, b) la cantidad de agua almacenada en el suelo

**CUADRO 1.** Tratamientos de riego en un huerto de manzanas (cv. Royal Gala) durante la temporada 2009-2010 (Pelarco, Región del Maule).

TRATAMIENTO	REPOSICIÓN HÍDRICA (%)
T0	100% de la ETa
T1	50% de la ETa
T2	75% de la ETa
T3	125% de la ETa
T4	Productor



**FIGURA 1.** Estación meteorológica automática (EMA) en referencia.

en la zona de raíces y c) los valores de coeficientes de cultivo para las principales etapas fenológicas del manzano.

## ESTUDIO DE CASO

El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2009-10 en huerto comercial de manzanos (cv. Royal Gala) ubicado en la comuna de Pelarco, Región del Maule (lat. -35,4255, long. -71,0112, 205 m.s.n.m). Se utilizaron árboles de 6 años de edad, injertados sobre patrón M26, con una distancia de plantación de 4,0 m entre hilera y 1,5 m sobre hilera (1.667 árboles ha<sup>-1</sup>), los cuales eran regados por goteo con doble línea de goteros con cuatro goteros autocompensados (4 L/h) por planta. El suelo presentaba una textura franco-arcillosa, con un 34% de arcilla,

30% de limo y 37% de arena. Mientras que la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente eran de 34,9% v/v y 21,6 % v/v, respectivamente. El clima es de tipo mediterráneo subhúmedo, con un promedio anual de temperatura de 14°C. Las precipitaciones se concentran en invierno y alcanzan un promedio anual de 700 mm, mientras que los veranos son secos y las temperaturas bordean los 30°C.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Se estableció un diseño experimental completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento y a su vez, cada repetición o unidad experimental estuvo compuesta por tres árboles, resultando 12 árboles por tratamiento y un total de 60 árboles en el ensayo (Cuadro 1). Es importante

**CUADRO 2.** Coeficientes de cultivo para las principales etapas fenológicas del manzano (cv. Royal Gala).

ETAPA FENOLÓGICA	COEFICIENTE DE CULTIVO (KC)
Brotación	0,55
Floración	0,95
Cuaja	1,0
Pinta	1,0
Cosecha	0,55

indicar que el tratamiento T4 correspondió al riego habitual que el agricultor realizaba en su huerto comercial.

El tiempo de riego para cada tratamiento se calculó a través de la siguiente expresión:

$$TR = \frac{ETa \times AU}{Ne \times Ea \times q}$$

donde: TR = tiempo de riego (hr); ETa = evapotranspiración actual (mm/día); AU = marco de plantación (m<sup>2</sup>); Ne = número de emisores por planta; Ea = eficiencia de aplicación (%) y q = caudal del emisor (L/h). La frecuencia de riego fue de 3 días por semana según la capacidad de estanque del suelo (bulbo de mojado) y profundidad efectiva de raíces. En este caso, la capacidad de estanque fue de 199,5 mm (1.995 m<sup>3</sup>/ha).

## ESTIMACIÓN CONSUMO DE AGUA

Para la determinación de los requerimientos hídricos del huerto de manzanos se utilizaron datos provenientes de una estación meteorológica automática (EMA) en referencia ubicada a 200 m del huerto (Figura 1). Esta estación midió la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones en intervalos de 15 minutos. La evapotranspiración de referencia (ETo) se determinó a través del método de Penman-Monteith, el cuál describe la evapotranspiración diaria de una referencia de pasto hipotética. Mientras que la evapotranspiración actual (ETa) se determinó usando la ecuación 1 donde los coeficientes de cultivos usados en este estudio son indicados en el Cuadro 2.

## MEDICIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

Para determinar el contenido de agua en el suelo, se realizaron mediciones semanales a través de la técnica de reflectometría en el tiempo (Trase System, Inc., California, USA), usando varillas de acero inoxidable de 60 cm. de largo ubicadas a 20 cm. del gotero más próximo a la planta central (Figura 2).



FIGURA 2. Medición del contenido de agua en el suelo usando TDR.

### MEDICIÓN DEL ESTADO HÍDRICO

El estado hídrico de la planta se midió usando el potencial hídrico del xilema del medio día a través de una cámara de presión o bomba Scholander. Para esto se seleccionó una hoja madura y totalmente expandida por repetición, las que se envolvieron en film plástico y papel aluminio una hora antes de realizar la medición. Después, la hoja se colocó al interior de la cámara para luego cerrarla completamente dejando solo el peciolo en contacto con el aire. Luego se aplicó presión al interior de la cámara permitiendo la salida de savia a través del corte del peciolo; esta presión corresponde al potencial hídrico del xilema del medio día (ver procedimiento en la Figura 3).

### MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Para determinar los componentes del rendimiento se cosechó el total de frutos por árbol (tres), correspondientes a cada repetición, los que fueron pesados y contados para así determinar el peso por fruto y el rendimiento por hectárea. Mientras que para determinar la productividad del agua (kg de fruta por m<sup>3</sup> de agua aplicado) se utilizó el rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y el volumen de agua aplicada por tratamiento (m<sup>3</sup>/ha/temporada). Finalmente para evaluar el efecto de los diferentes niveles de reposición hídrica, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), y en los casos donde esta resultó significativa se realizó el test estadístico LSD con un nivel de confianza de un 95%, para la separación de medias de los tratamientos.

### RESULTADOS

La evolución de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y la precipitación, registrada durante la temporada 2009-2010, por la estación meteorológica Pelarco, se presentan en la Figura 4. En esta se puede observar que la máxima

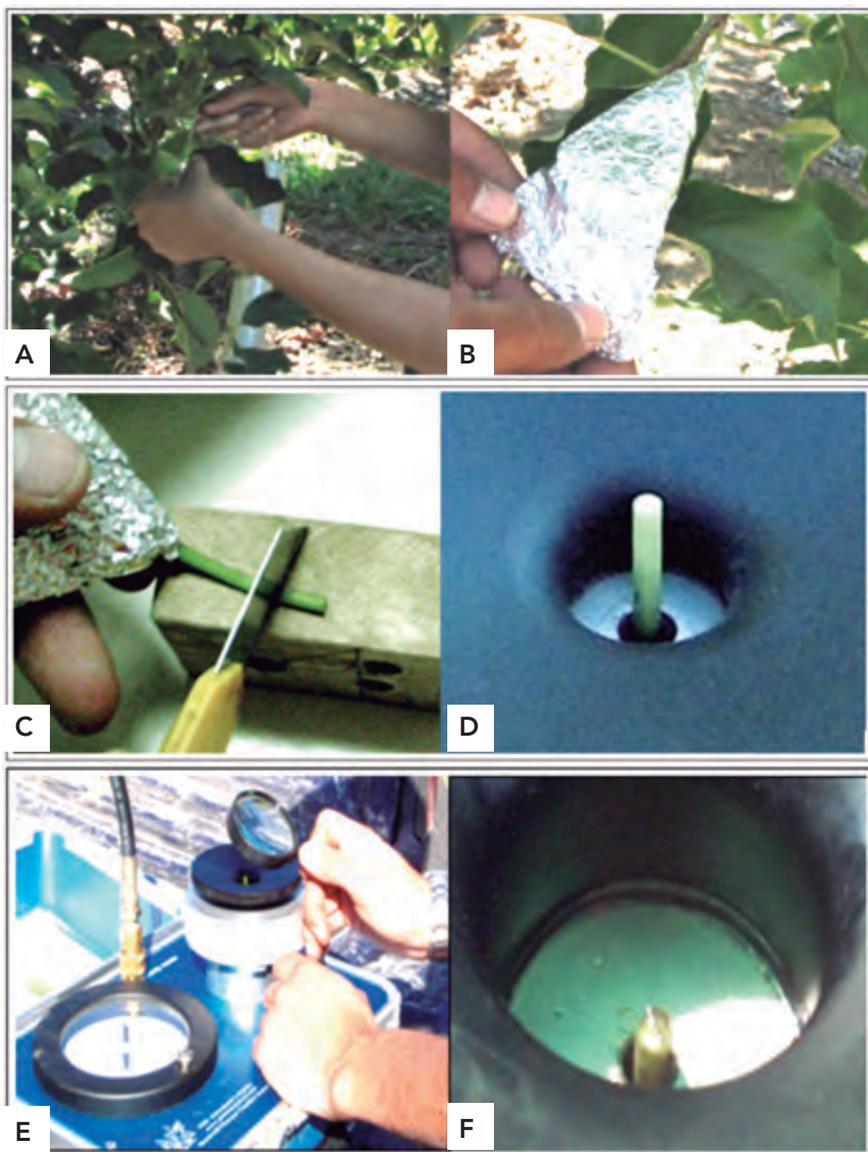
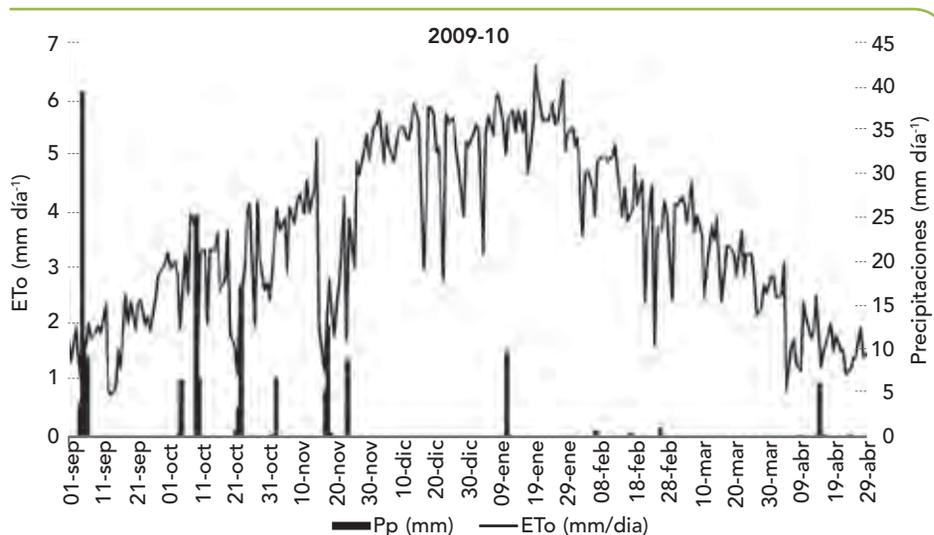
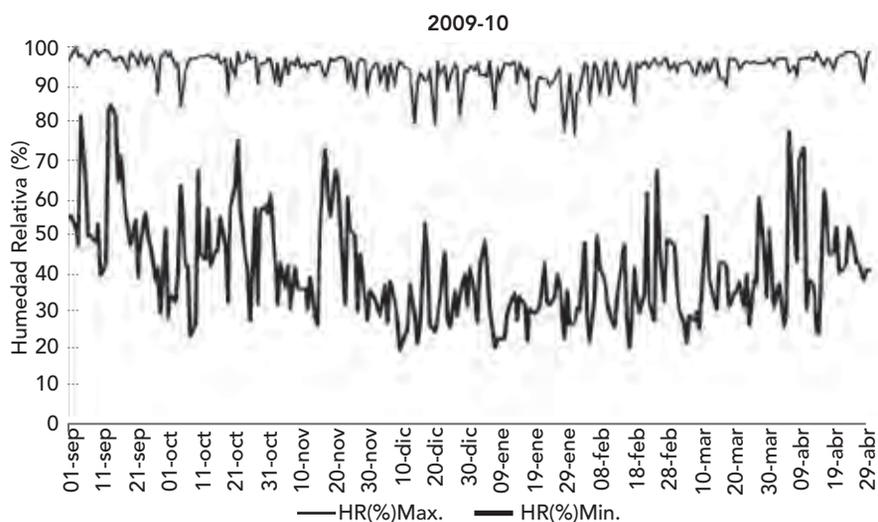


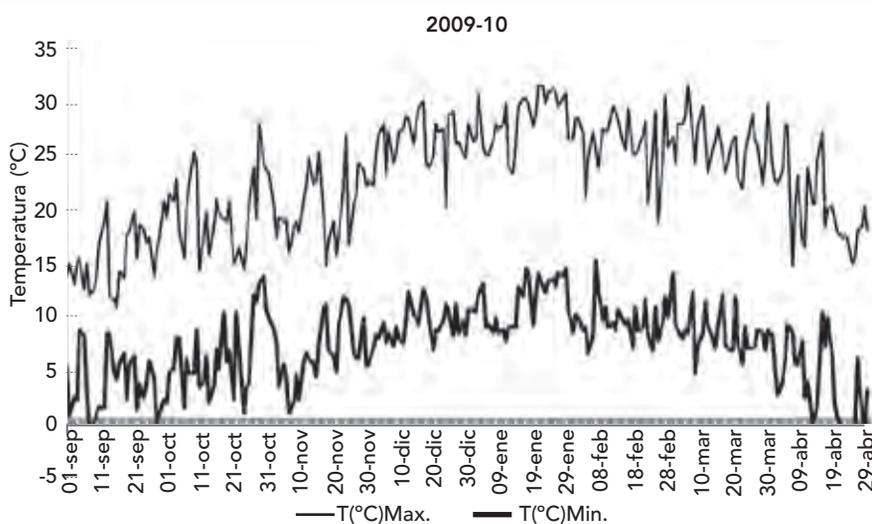
FIGURA 3. a) Hoja envuelta en film plástico, b) Hoja cubierta con papel aluminio, c) Corte del peciolo de la hoja y d) Hoja en el cabezal de la cámara, e) Aplicación de nitrógeno a presión y f) Salida de savia por aplicación de presión.



**FIGURA 4.** Evolución de la precipitación (Pp) y la evapotranspiración de referencia (ETo) durante la temporada 2009-2010 (Pelarco, Región del Maule).



**FIGURA 5.** Evolución de la humedad relativa máxima (HR máx) y mínima (HR mín) (Temporada 2009-2010. Pelarco, Región del Maule).



**FIGURA 6.** Evolución de la temperatura máxima (T° máx) y mínima (T° mín) (Temporada 2009-2010. Pelarco, Región del Maule).

ETo se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha, alcanzando un valor máximo de 6,2 mm/día con un total acumulado entre brotación y cosecha de 920 mm. En cuanto a las precipitaciones, se observa que durante la temporada hubo precipitaciones entre brotación y cosecha, observándose una máxima de 25,2 mm/día con un total acumulado para ese período de 105 mm.

En la **Figura 5**, se presenta la evolución de la humedad relativa, máxima y mínima, para el período en estudio. En esta se puede observar que durante la temporada, la mínima se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha con un 17,8%. En cuanto a las temperaturas, estas se presentan en la **Figura 6**, donde se puede observar que la máxima se presentó entre desarrollo de frutos y cosecha con 31,5° C, mientras que la mínima se presentó entre brotación y floración con -0,42° C.

En estas condiciones climáticas, los volúmenes de agua aplicados en el huerto de manzanos para cada nivel de reposición hídrica son presentados en el **Cuadro 3**. En este Cuadro se puede observar que el agricultor aplicó 8.085 m<sup>3</sup>/ha/temporada, mientras que en el tratamiento T0 (100% de la ETo) se entregaron 4.668 m<sup>3</sup>/ha/temporada. Para los tratamientos T1, T2, y T3 se aplicaron 2.334, 3.5001 y 6.377 m<sup>3</sup>/ha/temporada, respectivamente. Para todos los tratamientos, los mayores consumos de agua fueron encontrados entre desarrollo de fruto y cosecha con aplicaciones de agua de 3.287, 1.643, 2465, 4490 y 5694 m<sup>3</sup>/ha/temporada para los tratamientos T0, T1, T2, T3, y T4, respectivamente.

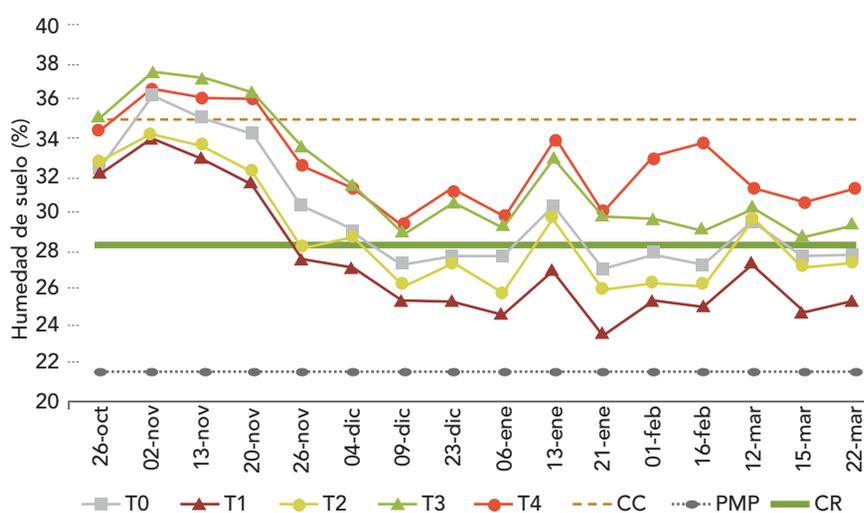
En la **Figura 7** se presenta la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo donde se observa que los tratamientos de riego T1 y T2 permanecieron desde el 26 de noviembre y hasta el 22 de marzo entre PMP y CR, a excepción de los días 13 de enero y 12 de marzo, donde el tratamiento T2 sobrepasó el CR. Los tratamientos T3 y T4 (agricultor) se mantuvieron toda

**CUADRO 3.** Volúmenes de agua aplicados (m<sup>3</sup>/ha/temporada) para cada tratamiento y período fenológico durante la temporada 2010 (Pelarco, Región del Maule).

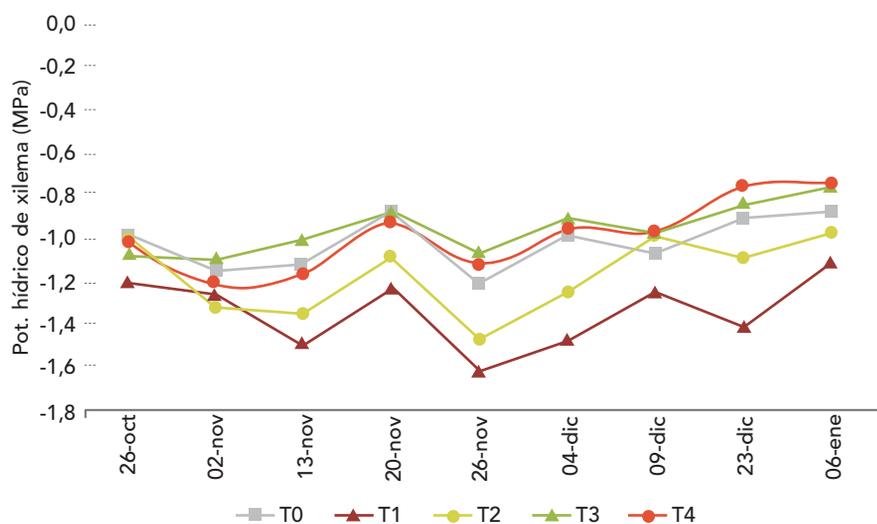
PERÍODO FENOLÓGICO	T0	T1	T2	T3	T4
Brotación-floración	0	0	0	0	0
Floración-cuaja	292	146	219	399	505
Cuaja-desarrollo fruto	311	157	233	425	539
Desarrollo fruto-cosecha	3287	1643	2465	4490	5694
Cosecha-poscosecha	778	389	583	1063	1348
<b>Total</b>	<b>4.667</b>	<b>2.334</b>	<b>3.501</b>	<b>6.377</b>	<b>8.086</b>

la temporada sobre el criterio de riego mientras que el tratamiento T0 se mantuvo alrededor del CR (28,3%) durante toda la temporada. El mayor contenido de agua en el suelo observado entre el 26 de octubre y 20 de noviembre se debe principalmente a las precipitaciones registradas entre septiembre y la tercera semana de noviembre, por lo que el suelo presentó un contenido volumétrico superior a 31%. Además, se observa una clara tendencia, en la mayoría de los casos, a un mayor porcentaje de humedad volumétrica en los tratamientos más regados (T3 y T4) que los tratamientos menos regados (T1 y T2). En resumen, se podría indicar que los tratamientos T0, T3 y T4 presentaron un adecuado contenido de agua en el suelo pero no necesariamente podemos determinar cuál de ellos es la mejor recomendación para el riego. Para resolver esto, nosotros recomendamos realizar mediciones del potencial hídrico del xilema al medio ( $\Psi_{md}$ ), el cual permite integrar el efecto del suelo, clima y variedad sobre el estado hídrico de los árboles. Al respecto, un valor de  $\Psi_{md} > -1.0$  MPa indica que los árboles no se encuentran en condiciones de estrés hídrico.

En la **Figura 8**, se presenta la evolución del  $\Psi_{md}$  para cada tratamiento durante la temporada. En esta se observa como los tratamientos menos regados (T1 y T2), muestran un menor potencial de xilema, llegando el 21 de enero a potenciales menores a -1,5 MPa (T1) considerado como estrés (Naor et. al., 1995, Ferreyra y Sellés, 2001), mientras que los tratamientos más regados (T0, T3 y T4) siempre se mantuvieron por sobre los tratamientos más estresados, sin observarse en ningún momento potenciales considerados como estrés. Además, es importante indicar que los valores de  $\Psi_{md}$  para los tratamientos T0, T3 y T4 fueron estadísticamente iguales a pesar de las diferencias observadas entre los volúmenes de agua aplicados durante la temporada (**Cuadro 3**). Además, el contenido de agua en el suelo



**FIGURA 7.** Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo ( $H^{\circ}$ , %) para diferentes niveles de reposición hídrica en un huerto de manzanos (cv. Royal Gala) durante la temporada 2009-2010 (Pelarco, Región del Maule).



**FIGURA 8.** Evolución del potencial hídrico del xilema al medio día ( $\Psi_{md}$ ) para diferentes niveles de reposición hídrica en un huerto de manzano (cv. Royal Gala) durante la temporada 2009-2010 (Pelarco, Región del Maule).

**CUADRO 1.** Efecto de cinco niveles de reposición hídrica sobre el rendimiento, frutos por planta, peso de frutos y productividad del agua (PA) en un huerto de manzanos, cv. Royal Gala (Comuna de Pelarco, Región del Maule)

TRATAMIENTO	TEMPORADA 2009-2010			
	RENDIMIENTO (t ha <sup>-1</sup> )	NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA	PESO FRUTO (g)	PA (kg m <sup>-3</sup> )
T0 (100%)	58,48 <sup>a</sup>	207,9a	169,02b	12,5b
T1 (50%)	42,42c	162,0b	162,5c	18,2a
T2 (75%)	40,24c	144,8c	164,49c	11,5d
T3 (125%)	38,20c	127,8c	188,70a	6,0c
T4 (150%)	48,89b	169,6b	176,26a	6,0c
Significancia	n.s.	n.s.	**	**

Valores seguidos de igual letra en las columnas no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Significancia: ns: no significativo; \* significativo ( $p < 0,05$ ); c.v.: coeficiente de variación.

en T0 fue estadísticamente menor que T3 y T4 a partir de la primera semana de Diciembre debido a los menores volúmenes de agua aplicados durante la temporada.

El efecto de las 5 estrategias de riego sobre los componentes del rendimiento y productividad del agua (PA) es presentado en el Cuadro 1. En este cuadro se puede observar que existieron diferencias significativas entre los tratamiento para el rendimiento, número de frutos por árbol, peso de frutos y productividad del agua. En este caso, los mayores rendimientos fueron encontrados en los tratamientos T0 mientras que los menores rendimientos fueron observados en T3. El número de frutos por árbol fueron estadísticamente superiores en el tratamiento T0 en comparación a los otros 4 tratamientos. El mayor peso de frutos fue observado en los tratamientos T3 y T4 que mantuvieron el contenido de agua en el suelo entre CC y CR. La mayor

productividad del agua fue encontrada en el tratamiento T1 el cual presentó el menor rendimiento (42,42 t ha<sup>-1</sup>). En este estudio, la mejor recomendación es aplicar el tratamiento T0 (100 % de ETa), el presentó un rendimiento de 58,49 t ha<sup>-1</sup> y una productividad del agua 18,2 kg de fruta fresca por m<sup>3</sup> de agua aplicadas. Además, el tratamiento T0 presentó un ahorro de agua del 73,3 % con respecto al volumen de agua aplicado por el agricultor (T4).

## CONCLUSIONES

En este estudio se puede concluir que el uso de información climática y el monitoreo combinado del potencial hídrico y contenido de agua en el suelo pueden ser una excelente herramienta para adaptar el manejo del agua de riego a las condiciones específicas de suelo, variedad y clima de cada huerto de manzanos. En este caso, la mejor combinación entre rendimiento

comercial y productividad en el uso del agua fue la aplicación del 100% de la ETa que se tradujo en un volumen aplicado de 4.6672 m<sup>3</sup>/ha/temporada. Con esta estrategia de riego, el rendimiento fue de 58.48 t ha<sup>-1</sup> y la productividad del uso del agua fue de 12,5 kg de fruta fresca por m<sup>3</sup> de agua aplicados.

Además, los resultados de este estudio indicó que es posible reducir significativamente los volúmenes de agua en un huerto de manzano regado por goteo sin afectar significativamente el rendimiento y calidad de la fruta. **RF**

## BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES AND M. SMITH. 1998. Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper 56, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome, 301 p.

HERRERA, J., 1999. Ocurrencias de sequías asociadas al fenómeno de "la niña" en la cuenca del Maule (1960-1997). Memoria de grado Universidad de Talca, Escuela de Agronomía, 80p.

NAOR, A., KLEIN, I., DORON, I., 1995. Stem Water Potential and Apple Size. J. Amer. Soc. Hort. SCI. 120(4):577-582.

ORTEGA-FARIAS, S., IRMAK, S. AND CUENCA, R. H. 2009. Editorial: Special issue on Evapotranspiration Measurement and Modeling. Irrig. Sci, 28: 1-3.

PARRA-QUEZADA, R., ORTIZ, P., AMADO, J., CHÁVEZ, N., 2009. Productividad y crecimiento de manzano bajo déficit de riego controlado. Terra Latinoamericana 27:337-343.

ZEGBE, J., BEHBOUDIAN, A., CLOTHIER, B., 2007. Reduced irrigation maintains photosynthesis, growth, yield, and fruit quality in 'Pacific Rose (TM)' apple. Journal of sustainable agriculture 30:125-136.

# Los desafíos que plantean los recursos hídricos para Chile



“ASI ES FUNDAMENTAL  
ENTONCES EL HECHO  
DE **PROGRESAR**  
E **INNOVAR**

PERMANENTEMENTE EN  
TODOS LOS ÁMBITOS DEL  
NEGOCIO FRUTÍCOLA  
DE MERCADO, QUE  
CADA DÍA AUMENTA SUS  
EXIGENCIAS.”

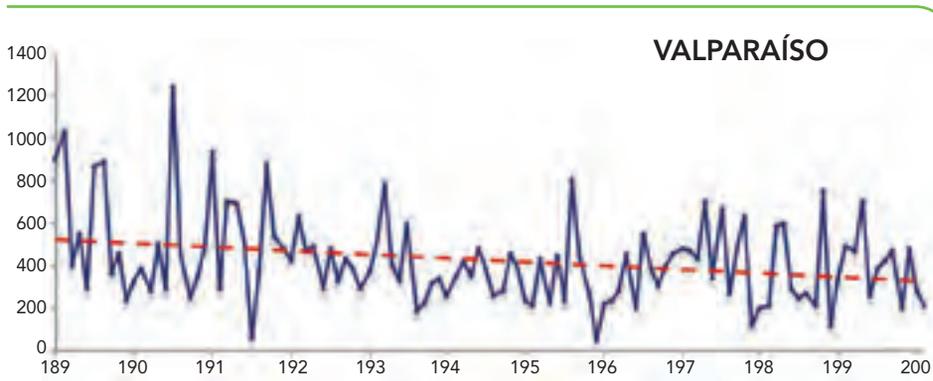
## FERNANDO SANTIBÁÑEZ

Profesor de agroclimatología  
Departamento de Ingeniería y Suelos,  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Universidad de Chile

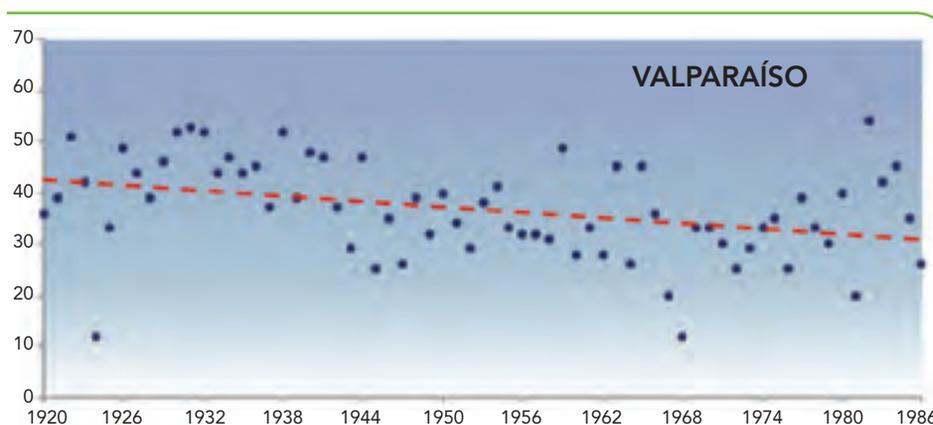
Las evidencias de que la humanidad enfrentará un cambio climático son cada vez más claras, a medida ellas se van presentando ante nuestros sentidos. La presencia de los 7000 millones de personas que pueblan en la actualidad el planeta, consumiendo diariamente 90 millones de barriles de petróleo, 11.5 Km<sup>3</sup> de agua dulce y 6.8 millones de m<sup>3</sup>

de madera, está llevando a la biosfera a una situación crítica cuya huella ya no parece borrarse por si sola. Los océanos se han ido llenando de basura, las aguas continentales agotando y degradando en su calidad, y la atmosfera absorbiendo las casi 1000 toneladas por segundo de gases de efecto invernadero, lo que está provocando un calentamiento en torno de los 0.2°C cada 10 años. Junto con esto, los bosques del mundo, que son los grandes reguladores del clima, se siguen extinguiendo en las regiones tropicales, bajo la sierra y el fuego, a razón de 24 ha por minuto (13000000 ha/año). Frente a

**Figura 1.** Tendencia de la precipitación durante el siglo XX en la costa chilena.



**Figura 2.** Serie histórica del número de días de lluvia de Valparaíso. Período 1920 – 1986.



toda esta desenfadada acción humana, están surgiendo los signos inequívocos del estrés que está sufriendo el planeta. Toda esta actividad, pareciera estar dejando huellas indelebles sobre la faz de La Tierra siendo prácticamente imposible que una intervención de esta magnitud no tenga efectos en el comportamiento de la atmosfera, por lo que los cambios que sufrirá el escenario climático mundial serán uno de los grandes desafíos que enfrentará la humanidad en este siglo. Los cambios permanentes que podría sufrir el clima de las diferentes regiones del mundo, exigirán importantes acciones de adaptación para reducir los riesgos naturales, mantener la capacidad de producir alimentos, evitar la degradación de los ecosistemas, las extinciones de importantes especies, el agotamiento del agua dulce, la degradación de los suelos

y un potencial desequilibrio biológico que afectaría a los ecosistemas naturales, agrícolas y a la salud humana.

### LOS CICLOS DEL CLIMA EN CHILE

Por la ubicación de Chile en el planeta, su territorio recibe una elevada influencia anticiclónica, la que podría ir aumentando hacia el centro y sur del país en las décadas que vienen, haciendo que continúe la tendencia decreciente que han mostrado las precipitaciones en el ultimo siglo. A estas tendencias de largo plazo, se agregan los ciclos de sequia de corto plazo, los que tienen una longitud de 10 a 20 años, en los cuales pasamos por periodos lluviosos y secos. Este ultimo fenómeno es conocido como la

Oscilación decadal del Pacifico, el cual hace que toda la costa americana pase por periodos de aguas frías, asociados a una alta frecuencia de Niñas. Adicionalmente a esta causa de variabilidad climática, sobre los climas chilenos juega además otro fenómeno llamado Oscilación Antártica (AO), el que influye mayormente en la actividad frontal en la zona subantártica. En periodos bajos de la OA, los frentes son mas débiles, no alcanzando a traer precipitaciones hacia la zona central. Desde el inicio de los años 2000 estamos cruzando por un periodo seco asociado mayormente a la oscilación decadal del Pacifico, que ha traído una alta frecuencia de episodios de aguas oceánicas frías y la consecuente menor pluviometría.

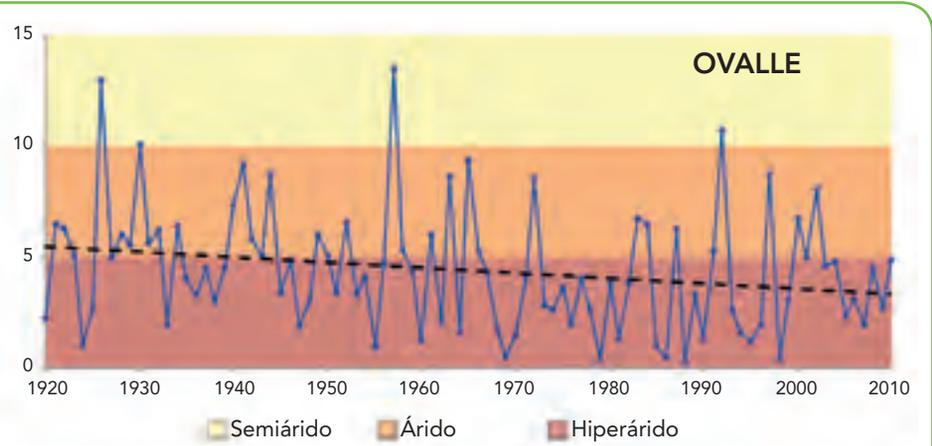
### LAS TENDENCIAS QUE HA MOSTRADO EL CLIMA EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Los recursos hídricos son uno de los elementos que deberán resistir a las mayores amenazas durante este siglo en Chile, debido al excesivo consumo y a la reducción de su disponibilidad debido a los cambios que está experimentando el régimen de lluvias. La fuerte reducción que ha venido experimentando la precipitación anual en las regiones costeras de Chile hasta ahora es un fenómeno más bien localizado en el litoral, no sabemos en qué medida, durante este siglo, las regiones interiores podrían comenzar a mostrar similar tendencia (Figuras 1 y 2.). Como sea lo que acontezca con las precipitaciones, la hidrología de los ríos podría sufrir importantes consecuencias debido a la subida de 300 a 500 metros de la isoterma 0°C, lo que reducirá los depósitos de nieve en la cordillera, haciendo que la precipitación invernal escurra rápidamente hacia el mar.

Adicionalmente a los factores naturales derivados del cambio climático, los recursos hídricos vienen dando señales de agotamiento hace ya varias décadas en la zona centro norte de Chile. El aumento desmedido de la demanda por la agricultura, la minería y la generación de

energía, junto al deterioro de la calidad de las aguas por contaminación, está haciendo de este recurso un elemento crónicamente deficitario de Santiago al Norte y frecuentemente deficitario de Santiago al sur. Contribuyen a esta situación, el despoblamiento vegetal que han sufrido las laderas de los cerros y las quebradas, lo que ha acelerado el escurrimiento y reducido la recarga de las napas, y el aumento de la evaporación debida al calentamiento global. Todo esto está intensificando la aridez de la zona central, proceso que es parte de un fenómeno más global, llamado "desertificación" (Figura 3).

**Figura 3.** Tendencia al aumento de la aridez de los climas del norte y centro del país.



### ¿CUANTA AGUA HAY?

De Santiago al norte la disponibilidad de agua por habitante está por debajo

del límite de los 1000 m<sup>3</sup> considerado internacionalmente como adecuados para el desarrollo. Esto nos permite afirmar que el desarrollo de actividades económicas en el norte de Chile dependerá en el

futuro fuertemente de las posibilidades de generar nuevas fuentes de agua a costos razonables. Por ahora, las tecnologías de transporte de agua a distancia o la desalación de agua marina no generan agua

**Para comenzar la temporada libre de malezas, herbicidas suelo-activos...**

**33EG**  
**Pendimetalin**

**NUEVO REGISTRO**  
**Simazina 90 WG**

**24EG**  
**oxyfluorfen**

- Control de malezas anuales: gramíneas y hoja ancha**
- Persistencia desde 45 hasta 120 días**
- Registros de uso en frutales, vides, hortalizas, cultivos y plantaciones forestales**

**Agrospec** — Productos de calidad —

III y IV Región (09) 7 4322831	V Región (09) 9 6333773	Región Metrop. (09) 9 4440516	VI Región (09) 9 2368016 / (09) 9 4009818	VII Región (09) 9 6418905	VIII Región (09) 6 8325701	Zona Sur (09) 7 1384793
-----------------------------------	----------------------------	----------------------------------	--	------------------------------	-------------------------------	----------------------------

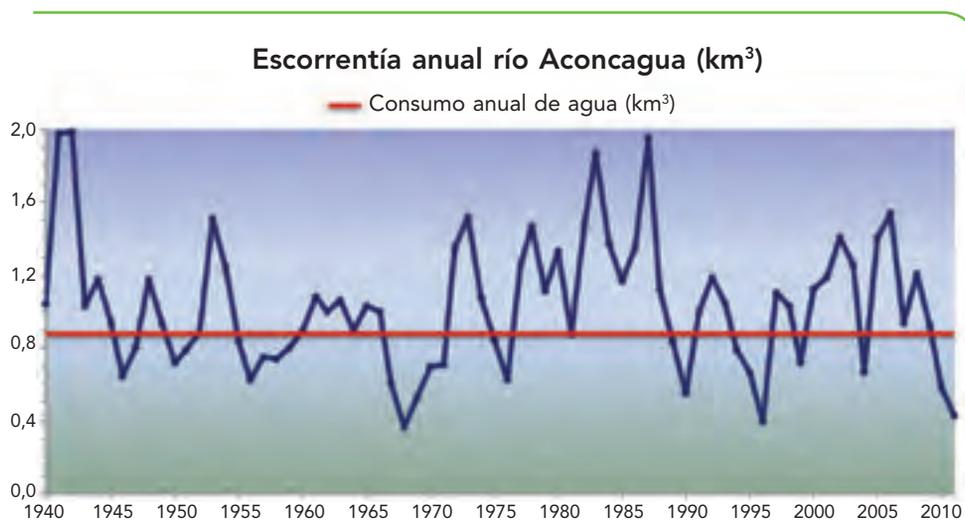
**Cuadro 1.** Agua aportada por las precipitaciones, caudal afluente y sobrantes en algunas cuencas.

Region	PP	Qa	Qs	Qs/Qa
	Km3	Km3	Km3	
Atacama	6.46	0.19	0.05	0.26
Coquimbo	8.86	1.15	0.57	0.50
Valparaiso	6.65	1.20	0.60	0.50
Metropolitana	10.56	3.66	2.14	0.59
O'Higgins	16.02	4.10	4.66	1.14
Maule	42.48	8.10	15.25	1.88
Biobio	77.80	20.15	26.81	1.33
	<b>168.84</b>	<b>38.55</b>	<b>50.09</b>	

**Cuadro 2.** Uso de los recursos por la agricultura entre Atacama y Biobio.

Region	Agua	Demanda	Disponible	Deficit2
	Utilizada	Riego	Uso Agrícola	o Superavit
	Km3	Km3	Km3	Mm3
Atacama	0.13	0.12	0.05	-64.22
Coquimbo	0.48	0.53	0.43	-101.42
Valparaiso	0.57	0.65	0.45	-192.06
Metropolitana	1.14	1.03	0.91	-117.43
O'Higgins	2.05	1.58	1.84	264.67
Maule	4.05	2.24	3.65	1403.87
Biobio	8.06	1.25	4.84	3587.06
	<b>16.47</b>	<b>7.39</b>	<b>12.17</b>	

**Figura 4.** Relación entre la oferta y demanda de agua en el valle del río Aconcagua. La línea roja indica la demanda (agricultura+minería+industria y ciudad). La azul indica la oferta. Obsérvese el gran número de años con deficiencia hídrica.

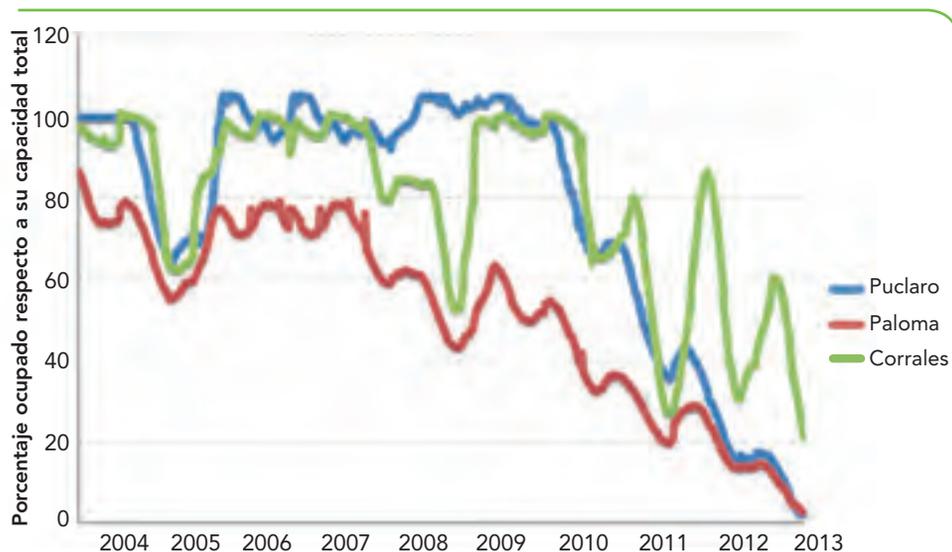


a costos compatibles con la capacidad de pago de la agricultura.

Entre Atacama y Biobío precipitan, en un año normal, 168,84 Km<sup>3</sup> (1Km<sup>3</sup> = 1.000.000.000 m<sup>3</sup>) de agua. De esta cantidad, solo 38,55 Km<sup>3</sup> escurren desde la cordillera hacia los Valles (caudal afluente). De ese caudal, una cantidad muy baja llega al mar en las regiones del norte (Atacama y Coquimbo), no obstante en las regiones centrales llama poderosamente la atención constatar que más de un 50% del agua de los ríos llega al mar (caudal sobrante) y de O'Higgins al sur se pierde al mar más del 100% del agua que provee la cordillera, esto último, debido a que los cauces principales reciben aportes de afluentes en la parte baja del valle, haciendo llegar más agua al mar, de lo que salió de la cordillera. Es así como entre Atacama y Biobío los ríos vierten al mar anualmente, una cifra del orden de los 50 Km<sup>3</sup> de agua dulce (50 veces el sistema Paloma-Recoleta-Cogoti completo) (Cuadro 1).

El agua utilizada para actividades económicas y como bebida, es de 16.47 Km<sup>3</sup>. El riego entre Atacama y Biobío, demanda unos 7.39 Km<sup>3</sup> de agua cada año. Esta demanda no es satisfecha por igual según las regiones. Así por ejemplo en Atacama de una demanda de 120 millones de m<sup>3</sup> (0.12 Km<sup>3</sup>), solo habrían unos 50 millones de m<sup>3</sup> disponibles en superficie. La diferencia es probablemente satisfecha por la extracción de aguas subterráneas. En Coquimbo la situación no es mejor, de una demanda de 530 millones de m<sup>3</sup>, las aguas superficiales aportarían unos 430 millones de m<sup>3</sup>, siendo necesario completar los 100 millones de m<sup>3</sup> restantes con extracción de agua subterránea. La región de Valparaíso presenta la situación más crítica, con una demanda de 650 millones de m<sup>3</sup>, la cual solo es satisfecha en una cifra de 450 millones por las aguas superficiales, presentando un desabastecimiento de 190 millones de m<sup>3</sup>. La agricultura de la región Metropolitana tiene una demanda de 1030 millones de m<sup>3</sup>, de lo que aportarían las aguas superficiales uno 910 millones, los 120 millones faltantes serían aportados por

**Figura 5.** Tendencia del agua almacenada en los embalses de la región de Coquimbo en los últimos años.



**Cuadro 3.** Relación entre la capacidad de regulación y las demandas de agua.

	Superficie regada has	Capacidad Embalse, Millones m <sup>3</sup>	Agua embalsada/demanda riesgo
Atacama	19533	201	1.72
Coquimbo	75713	1298	2.45
Valparaiso	86157	95	0.15
Metropolitana	136756	258	0.25
O'Higgins	210692	237	0.15
Maule	299102	1722	0.77
Biobio	166573	6868	5.50

las aguas subterráneas. Ya en la Región de O'Higgins la situación mejora un tanto, por cuanto, en años normales, la demanda puede ser enteramente aportada por las aguas superficiales, habiendo un excedente de 264 millones de m<sup>3</sup>. En Maule este excedente crece a 1400 millones de m<sup>3</sup> y en Biobío a 3587 millones de m<sup>3</sup>. Estas cifras muestran una situación muy desigual entre las regiones, habiendo un déficit crónico de agua desde la región Metropolitana al norte. (Figura 6). Probablemente por esta razón, es que en los últimos años se ha observado una tendencia a la

disminución de la superficie regada en estas regiones, lo que estaría indicando que se está produciendo un ajuste entre la oferta y la demanda, no sin costo para los agricultores que invirtieron importantes recursos en plantaciones y sistemas de riego (Figura 4, Cuadros 1 y 2).

Las cifras anteriores se refieren a promedios históricos. No podemos dejar de lado la fuerte variabilidad de las precipitaciones anuales, lo que, en años lluviosos, tiende a anular el déficit crónico, el cual reaparece inmediatamente cuando la precipitación vuelve a la normalidad o a valores por debajo de lo normal, donde

estos déficit se agravan aún más.

Los sistemas de regulación hidrológica con que cuentan algunas regiones, pueden atenuar el déficit de años secos con el agua almacenada en años más lluviosos. No obstante eso, la capacidad de regulación es limitada, quedando fuertemente disminuida durante los ciclo de sequía que pueden durar varios años. Con las demandas actuales de agua, en el mejor de los casos los embalses disponen de una capacidad para atenuar la sequía de un par de años consecutivos (Figura 5 y cuadro 3).

Son numerosos los factores naturales que se conjugan en la crisis del agua en Chile, a estos, se agregan factores legales derivados del estatus legal que el país adoptó para este recurso, que facilitó la concentración de la propiedad de los derechos de agua. Se agrega a esto, el alto uso del recurso en la generación eléctrica, la elevación de las isothermas que han reducido los depósitos de nieve, la sobreexplotación de los acuíferos, la contaminación de las aguas, la falta de una gestión de la cubierta vegetal en las partes altas de las cuencas, el cambio en el régimen de precipitaciones.

Las consecuencias de la sequia son múltiples en un país como Chile. La falta de forraje para la ganadería de secano es una de las más dramáticas. La pérdida de siembras de cereales en el secano de la costa, las pérdidas de producción en la fruticultura han sido significativas de Aconcagua al norte, llegando incluso a abandonarse huertos con el objeto de concentrar el agua en sectores más reducidos. En ciertos casos, las consecuencias se proyectan hacia la sustentabilidad humana, por cuanto como consecuencia del descenso de las napas, en extensos sectores de la costa los pozos han quedado en seco, dejando a los asentamientos humanos sin abastecimiento de agua de bebida.

Las regiones mas afectadas son las de menor pluviometría, es decir, de Aconcagua al norte. No obstante esto, la sequia se esta haciendo sentir tan al sur como Osorno y en las regiones australes, donde un breve periodo sin lluvias se hace sentir como sequia, debido a las elevadas tasas

de evaporación que genera el viento seco que llega del lado argentino..

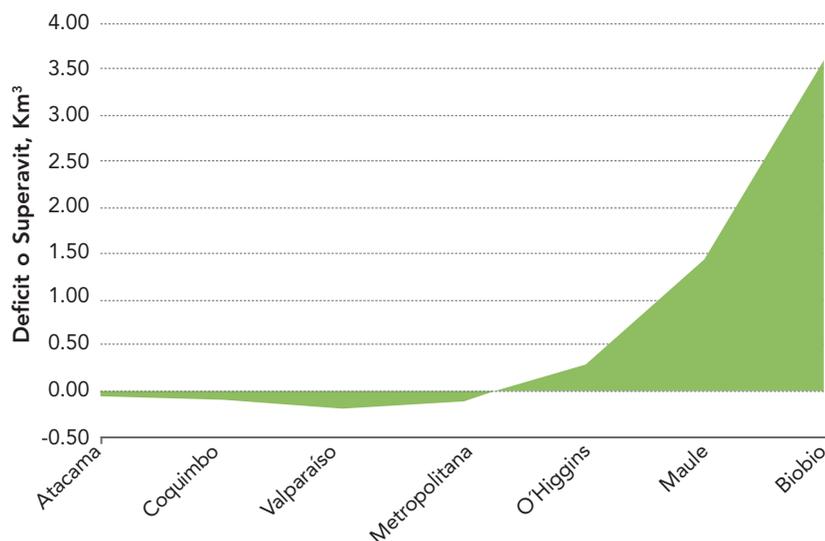
Luego de una sequia tan larga, las cuencas quedan exhaustas, perdiendo gran parte de sus reservas de nieve, de la cobertura vegetal y del agua almacenada en el subsuelo. Para recuperar el estado hidrológico normal de las cuencas se requiere al menos un par de años consecutivos con precipitación claramente por sobre el promedio.

La sequia que se inició en la primera década de los años 2000 ha sido una de las mas extremas por su duración, al punto, que ha provocado el vaciamiento casi total de los embalses en la región de Coquimbo y una reducción notable de las reservas en los embalses hasta la región del Maule.

No obstante los efectos catastróficos de la sequia, los ríos del Maipo al sur siguen vertiendo cerca del 80% de su agua en el océano. Esto se debe fundamentalmente a dos razones: la insuficiente capacidad de embalse y la gran proporción de agua usada en la generación de energía, durante el invierno. Lo primero se soluciona con el aumento de la capacidad de los embalses, lo segundo, cuando es posible, con embalses a menor cota que retengan el agua usada en la generación de energía, para esto se requieren condiciones geográficas que no siempre están presente.

El mejoramiento de la infraestructura hidrológica de las cuencas implica obras mayores como embalses, sistemas de infiltración y recarga, mejoramiento de canales, sistemas automatizados de distribución del agua. Todo esto el país no lo puede afrontar en un periodo menor a 20 años, lo importante es ir avanzando en el mejoramiento de la infraestructura por cuanto de no hacerse, el gasto sería inabordable para el país en caso de que lleguemos a un estado crítico de escasez de agua antes de la mitad de este siglo. Lo interesante es que si se hacen la inversiones, el problema es solucionable al menos del Maipo al sur, pues estamos hablando de ríos que llegan con la mayor parte de su caudal al mar.

**Figura 6.** Balance entre la demanda y la oferta de agua por región.



Hacia Coquimbo y Atacama la situación es diferente, pues los caudales que llegan al mar se han reducido considerablemente en los últimos años, de modo que ya está menos relacionado con el aumento de la capacidad de los embalses, sino con un aumento en la eficiencia de uso del agua, reduciendo pérdidas en los sistemas de riego y en los canales de distribución, así como con un mejor ajuste entre demandas y oferta que, por ahora, parece estar desbalanceada.

### AGRICULTURA E INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

La agricultura es una actividad estratégica para cualquier país, cuyo impacto social es evidente por la mano de obra que genera, las cadenas productivas que moviliza y por los efectos reguladores de la demografía en la ocupación del territorio. A diferencia de la minería, es una actividad de baja concentración de capital, por lo que su capacidad de pago para abordar enormes inversiones es baja. No descarto que los privados puedan aportar con recursos, pero las

inversiones iniciales debiera hacerlas el Estado, el cual recuperará la inversión en el largo plazo vía una mayor productividad agrícola y quizás algún sistema de gravamen por la plusvalía de la tierra al aumentar la seguridad de riego. Cualquiera sea el mecanismo, son inversiones que no pueden evaluarse solo por su flujo de caja pues el Estado recupera la inversión por la enorme cantidad de externalidades positivas que genera el desarrollo agrícola de una región (empleo, cadenas de distribuidores que pagan impuestos, retención de población rural, menor presiones urbanas).

Necesitamos como país reaccionar con la mayor velocidad posible, en las regiones del norte, por las urgencias que está generando la escasez de agua, en las regiones de Santiago al sur, porque se requiere aumentar las superficies regadas donde hay aguas sobrantes, particularmente del Maule al sur. Para lograr esto la estrategia nacional de agua propone mejoramientos en la institucionalidad, mejoramiento en la información, en la eficiencia de uso de los recursos. En la actualidad son muy buenas las señales con el nombramiento de un delegado presidencial para los recursos hídricos, lo

que significa que se eleva el problema a la máxima importancia, con un mandato directo de la presidencia de la república.

Es probable que necesitemos programas de capacitación mas intensivos. La población debe comprender la dimensión del problema que traería una modificación del clima, de modo de entender las reacciones del Estado en materia de regulaciones, prioridades, acciones de fomento, restricciones que implicara un proceso de adaptación de la agricultura frente a una nueva condición climática.

Poco a poco las personas van comprendiendo en todo el mundo, no solo en Chile, de que el cambio climático es una consecuencia de la acción humana, por la que estamos comenzando a sufrir las consecuencias. Falta un poco más de acción educativa al respecto para que la población apoye las políticas públicas que será necesario implementar.

Es evidente que la agricultura de las regiones con mayor escasez de agua debiera ser mucho más cauta cuando se trazan planes de producción. El clima chileno es cíclico y pasamos por periodos de 10 a 15 años de bonanza, con Niños frecuentes que llenan los embalses, Entonces se hacen inversiones que luego, cuando viene el ciclo seco, quedan sin sustento. Importante es generar la información de largo plazo que permita más realismo en el crecimiento de la agricultura en zonas vulnerables al cambio climático. Se requiere mas y mejor información sobre las tendencias de los recursos hídricos, mas capacitación en gestión eficiente del agua, sistemas de riego de alta tecnología, sistemas de embalses de pequeña y mediana escala, sistemas de alerta temprana que vayan informando al agricultor con varios meses de anticipación el estado de los recursos hídricos y sus proyecciones a mediano plazo.

La siembra de nubes es útil donde existen embalses con capacidad de acumular la escorrentía que provocan las lluvias. Hay mucha experiencia en USA, China e Israel, donde se ha logrado aumentar la precipitación entre un 10 y 15%. Esto no parece mucho pero lo importante

es que se generan lluvias intensas que provocan gran escurrimiento hacia los embalses, luego mejoran la recuperación de la escorrentía.

## LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS Y LAS TAREAS DE FUTURO

Por su naturaleza los cambios climáticos son más bien graduales, lo que permite ir implementando las opciones de adaptación a las tendencias observadas. Chile está enfrentado a un fenómeno de descenso de la precipitación que no sabemos bien como continuará, es preferible pensar que la tendencia decreciente continuará, por lo demás, es lo que dicen los modelos atmosféricos de que disponemos, los que indican que la precipitación de la zona central podría decrecer aun en 10 a 20%. De ser así, estaríamos transitando hacia un país algo más árido como ocurrirá en todas las regiones del mundo que están al borde de un desierto. No podemos olvidar que el desierto de Atacama avanzó hacia el sur a razón de 0.4 a 1 Km por año durante todo el siglo XX. Es probable que esta tendencia continúe por algunas décadas antes de alcanzar el equilibrio que la detenga. Esto nos lleva a redoblar el paso en materia de gestión hídrica. La escasez de agua es la mayor amenaza que nos trae el cambio climático, los demás problemas serán secundarios como el aumento de la variabilidad, de ciertos eventos extremos como lluvias intensas, vientos y granizo. Para estos últimos se requerirá adaptar

“LA ESCASEZ DE AGUA ES LA MAYOR AMENAZA QUE NOS TRAE EL CAMBIO CLIMÁTICO LO CUAL AFECTARÁ DIRECTAMENTE A LA AGRICULTURA”

las tecnologías de producción de modo de reducir los riesgos de pérdidas. Solo el problema de la escasez hídrica requiere de políticas de gestión que van más allá de lo predial, donde el Estado debe ejercer su función de garante del bien común, considerando que el agua es un bien esencial.

El análisis de la situación nos lleva a pensar que cualesquiera sean las tendencias climáticas, necesitamos una estrategia que ajuste rigurosamente las demandas y ofertas de agua propias de cada región. Al parecer, el desarrollo de las regiones de más al norte, se ha hecho sobre la base de un recurso hídrico que no existe, habiéndose excedido largamente la demanda de la línea de lo sostenible. No podemos repetir esto en las regiones de Santiago al sur, se requiere establecer para cada cuenca la real disponibilidad sustentable, agregando las tendencias del cambio climático. Esto requiere de un minucioso estudio de la variabilidad y capacidad hidrológica de cada cuenca. Importante es decir que de Santiago al sur, en la medida que se hagan las inversiones, hay suficiente margen hidrológico para absorber una tendencia negativa en la precipitación. Haciendo bien la tarea Chile tiene una oportunidad única como exportador de alimentos, probablemente nunca llegue a ser un gran exportador si nos comparamos con países gigantes del vecindario, pero nuestra capacidad de exportar en relación al producto agrícola es sin igual, ya lo sabemos hacer, tenemos la experiencia y los conocimientos, solo necesitamos sortear el problema hídrico, mas algunos cambios tecnológicos para atenuar el aumento de otros riesgos asociados al cambio climático. Haciendo bien y a tiempo lo que tenemos que hacer, saldremos airosos y quizás, hasta fortalecidos de esta situación que, en la mayor parte del mundo, creará complicaciones bastante mayores que las que está creando en Chile. Con todo, el cambio climático no nos tratará tan mal, es solo una invitación a modernizar nuestra infraestructura productiva. **RF**

# Diagnóstico general de los sistemas de riego

**JORGE EDUARDO HOLZAPFEL A.**,  
Ingeniero Agrónomo; HO Ingenieros Ltda.  
**EDUARDO A. HOLZAPFEL**,  
Ingeniero Agrónomo Doctor en Ingeniería;  
HO Ingenieros Ltda.

EL AGUA APLICADA EN EL RIEGO DEBE SUMINISTRAR A LA PLANTA EL VOLUMEN REQUERIDO, DISTRIBUIDO UNIFORMEMENTE Y NO EXCEDER LA CAPACIDAD DEL ALMACENAMIENTO



## INTRODUCCIÓN

El riego tiene como objetivo básico reponer al suelo el déficit de humedad que resulta de la insuficiencia de precipitación para compensar la evapotranspiración de los cultivos o frutales. Complementariamente asegura la lixiviación de sales para mantener un balance de sales en el suelo y mejorar las condiciones ambientales para la producción agrícola.

Implementar a nivel predial una tecnificación de riego adecuada permite un uso más eficiente de los recursos hídricos disponibles, un aumento del área susceptible de ser regada, mejor aprovechamiento de los fertilizantes y mano de obra, incrementos en la producción, uso eficiente de los recursos, previniendo la contaminación de los acuíferos causada por el riego de los cultivos o frutales.

Sin embargo aparecen como factores relevantes al momento de incorporar sistemas de riego de mayor tecnificación (superficiales y presurizados) en los sistemas productivos su diseño, operación, mantención y manejo. La operación, mantención y manejo adecuado del equipo

de riego garantiza el funcionamiento para el que fue diseñado el sistema. Todos los equipos de riego deben venir con un Manual de Operaciones, donde se detallan las características del equipo y la forma de operarlo.

**El objetivo general de este estudio es obtener un diagnóstico del estado actual de los equipos de riego y que permita entregar antecedentes básicos de manejo y operación. Con este fin fueron evaluados numerosos equipos de productores de Copefrut.**

**Entre los objetivos específicos se consideró evaluar el diseño, operación y manejo de los sistemas de riego y realizar un análisis de situaciones críticas para determinar acciones futuras.**

## ANTECEDENTES GENERALES

### 1.- DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RIEGO: OPERACIÓN Y MANEJO

La calidad del riego es una medida que permite describir como se ha realizado el proceso de regar y su efectividad. El agua aplicada durante el riego debe cumplir, entre otros, los siguientes

requisitos: suministrar a la planta el agua requerida; estar distribuida uniformemente sobre el área de riego; no exceder la capacidad de almacenamiento de agua del perfil del suelo explorado por el sistema radicular para impedir la percolación profunda y la contaminación de los acuíferos, minimizar la erosión, la escorrentía superficial y el deterioro de la estructura del suelo.

Los parámetros seleccionados para determinar el comportamiento de un riego deben ser capaces de estimar la calidad del riego. En el presente estudio se utilizaron dos modelos para medir la operación y manejo de un riego: eficiencia de distribución total (EDT), y el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC).

La operación del sistema de riego requiere considerar una serie de factores que es necesario evaluar como el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema que se describe más abajo, el mantenimiento que se ha realizado a dichos componentes, el tipo de equipo utilizado, la edad de los equipos y sus partes, las horas de funcionamiento, la pertinencia y adecuación de las piezas y partes para las condiciones impuestas al sistema de riego.



## 2.- COMPONENTE DE LOS EQUIPOS DE MICRORIEGO

El equipo de microriego (Goteo-Microjet-Microaspersión) tiene varios componentes: a) Fuente de Agua, b) Tranque Acumulador, c) Desarenador, d) Sentina de Succión, e) Motores y Bombas, f) Filtros (Existen variados tipos de filtro: Filtro de Arena, Filtro de Malla y Filtro de Anillas) g) Equipo de Inyección de Fertilizantes, h) Registradores de Caudal y/o Tiempo, i) Tableros Eléctricos y Programadores de Riego, j) Sensores, k) Tuberías de Distribución, l) Válvulas, m) Laterales y n) Emisores; entre los más destacados

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

### a.- Introducción a la problemática existente en el riego.

Con el fin de promover y entregar antecedentes básicos para un buen manejo y uso del agua se desarrolló una conferencia a los productores respecto a la importancia del riego y la correcta operación y mantención de los equipos.

Con esta actividad se dio inicio al diagnóstico de los equipos de riego de los productores.

### b.- Confección de una ficha para recolectar antecedentes de manejo y operación de los sistemas de riego.

Con el fin de levantar la información

para el diagnóstico desde los predios se confeccionó, en conjunto con los profesionales de Copefrut, una ficha. La cual se llenó en cada predio, entregando los datos más relevantes del equipo, su operación, manejo del riego, antecedentes del huerto, el personal a cargo, mantención y otros.

### c.- Capacitación al personal a cargo del riego con la entrega de la ficha de antecedentes.

Para que se llenara en forma correcta la ficha confeccionada, se capacitó a los encargados a cargo de los equipos de riego de cada predio participante. De esta manera se estandarizó la toma de datos con el fin de contar con información real y confiable.

### d.- Visita terreno.

Con el fin de corroborar la forma en que se estaban llevando a cabo las mediciones y llenado de datos de la ficha, se visitaron los huertos participantes. Este fue un aspecto fundamental, ya que se verificó en terreno el estado real de los equipos, su funcionamiento, su operación y el conocimiento del personal a cargo.

Un aspecto importante que se observó en las visitas, fue que para muchos operarios del sistema el equipo funcionaba bien, siendo la realidad muy diferente. Esto producto del desconocimiento del personal a cargo, de cómo trabaja un sistema de riego de manera correcta.

### e.- Evaluación de los antecedentes.

Una vez terminadas las visitas se recolectaron las fichas con los antecedentes de cada equipo de riego, para con ello realizar el análisis de la información.

## RESULTADOS DEL ESTUDIO

De todos los huertos que participaron, que fueron un total de 114, un 65% entregó las fichas con sus antecedentes y mediciones requeridas.

A continuación se entregarán los antecedentes de algunos resultados de este estudio.

### FRUTALES

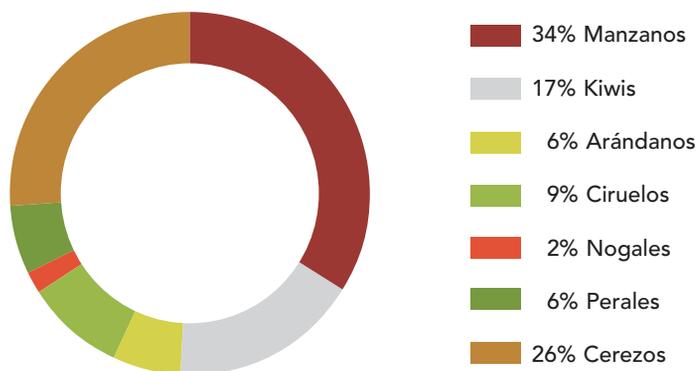
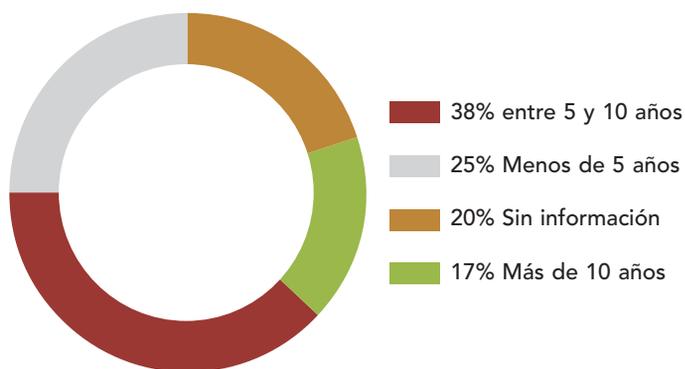
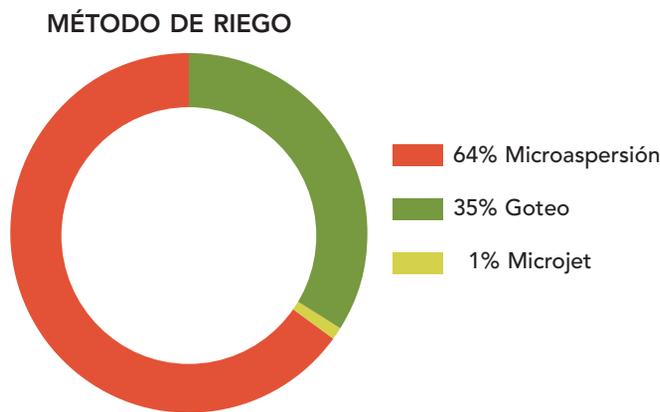


FIGURA 1. Distribución por especie de equipos de riego evaluados.



**FIGURA 2.** Distribución por antigüedad de equipos de riego evaluados.



**FIGURA 3.** Distribución Sistemas de Riego.



**FOTO 1.** Equipos antiguos en muy buen estado, dada una buena mantención.



**FOTO 2.** Equipos en un mal estado, producto del descuido y poca o nula mantención.

#### ESPECIES POR HUERTO.

La mayor proporción de los equipos evaluados se concentraron para el riego de manzano, kiwis y cerezos. **Figura 1.**

#### EQUIPOS DE RIEGO.

La edad de los equipos y sus estructuras son factores que es necesario tener en consideración. **Figura 2.**

Existen equipos viejos en muy buenas condiciones, dada la preocupación por la mantención de él. También existen casos de equipos bastante nuevos, en condiciones deficientes, lo cual es preocupante ya que pueden presentar fallas en momentos críticos durante la temporada de riego. **Foto 1. Foto 2.**

También encontramos casos en que la construcción de las obras civiles no son las adecuadas. **Foto 3.**

El método de riego o la forma en que el agua es aplicada por el sistema fue una componente importante que se consultó. **Figura 3.**

#### FUENTE DE AGUA

La o las fuentes de agua con que se abastece el sistema determinan de alguna forma la calidad de la misma, por ende es importante saber su origen.

La fuente de agua es en la mayor proporción proveniente de canal. **Figura 4.**

La calidad del agua fue uno de los aspectos que consideramos muy importante evaluar, los antecedentes arrojaron los siguientes resultados. **Figura 5.**

La calidad del agua tiene un efecto directo sobre el funcionamiento de los sistema de filtraje, además en muchos casos se requiere decantar o bajar la carga de partículas en suspensión para un mejor funcionamiento de los filtros, por lo que se necesitan estructuras que permitan realizar dicho proceso como los son los desarenadores.

A continuación se detalla los tipos de filtros utilizados y su nivel de participación. **Figura 6.**

Es importante señalar que los filtros

más versátiles, en cuanto a su operación y capacidad de filtraje son los de arena. Aclarado esto y teniendo en cuenta la mala calidad del agua que utilizan los productores, se observaron en las visitas a terreno que muchos equipos presentan dificultades o un mal funcionamiento porque los filtros no eran capaces de filtrar bien el agua. Lo que se traduce en que se saturan y se deben desarmar para limpiar sus componentes con alta frecuencia. Esto es más notorio en los filtros de malla, a los cuales cuando el agua está con excesiva carga de sedimentos la malla interior que filtra el material más fino se satura y el retrolavado no es capaz de limpiarla adecuadamente.

Esto obliga a sacar el canastillo con la malla y limpiarla con una hidrolavadora o algo similar.

En el caso de los filtros de anillas, es importante revisar las anillas para verificar que sus estrías estén en condiciones adecuadas y que no lisas o gastadas.

En el caso de los filtros de arena, es importante chequear el estado de la arena, la cual debe estar angulosa, de tamaño homogéneo y limpia. **Foto 4.**

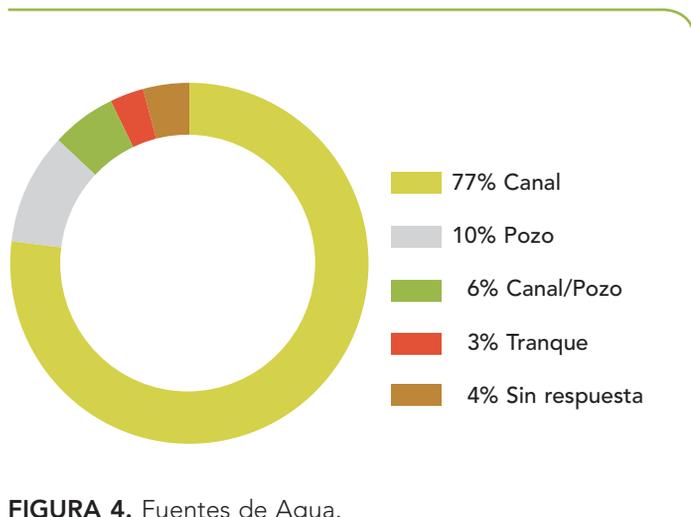
También es importante señalar que muchas casetas presentan problemas de distribución, tamaño o facilidad para trabajar, considerando que es necesario desarmar y realizar mantenencias a los equipos. En los equipos que presentan filtros de malla y con muy mala calidades de agua, se verán forzados a sacar la malla del filtro y limpiarla en forma periódica. Es por lo expuesto la ergonometría de la caseta un factor importante para su operación.

La caseta debe tener un tamaño que permita moverse libremente por ella para poder hacer mantenencias de las partes del equipo en forma cómoda y holgada y que permita tener una clara visión de los controles. **Foto 5. Foto 6.**

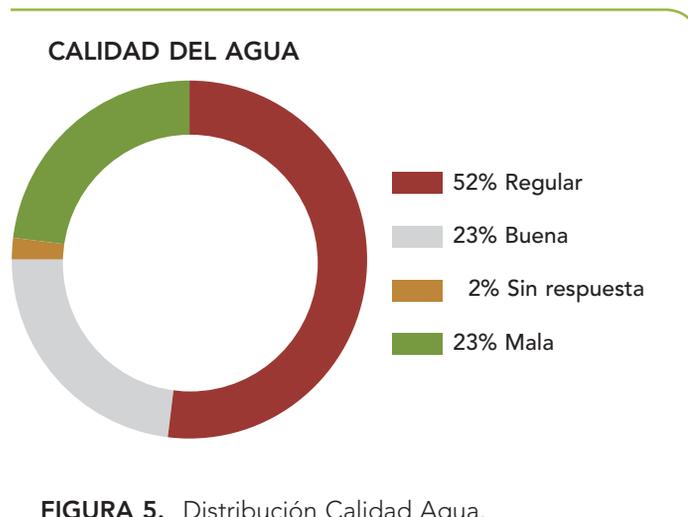
Otro aspecto muy importante de realizar dentro de la operación del equipo, son los descoles. Esto sobretodo dada la mala calidad del agua en general. Se encontraron situaciones extremas de calidad de agua al hacer descole las cuales



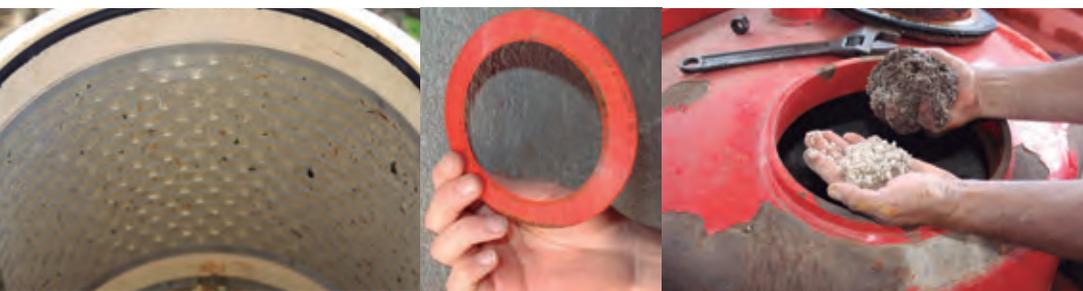
**FOTO 3.** A la izquierda una succión en el barro, no apropiado. A la derecha una succión en obra, lo óptimo.



**FIGURA 4.** Fuentes de Agua.



**FIGURA 5.** Distribución Calidad Agua.



**FOTO 4.** Izquierda muestra la malla del filtro de malla ya sucia con material particulado que no extrae el retrolavado; Centro se ve un anillo del filtro de anillas ya gastado por el uso; Derecha se observan dos tipos de arena en un filtro de arena, una nueva (la blanca) y la ya sucia y gastada (más oscura).



**FOTO 6.** Este es un modelo de caseta ideal, espaciosa, ventilada e iluminada, se concentra los equipos en un solo punto lo que facilita la operación y supervisión de estos.



**FOTO 5.** Casetas estrechas, la de la izquierda presentará un problema al querer limpiar o desarmar el filtro de malla producto de que el techo está muy bajo; en el caso de la derecha se observa muy estrecho el espacio para poder trabajar en cualquier mantenimiento del equipo.

Se ve claramente que hay un nivel bajo de situaciones deficientes, lo cual significa que los equipos en general están funcionando relativamente homogéneo en su aplicación de caudal en relación al caudal medio, que puede no ser el nominal.

Un índice que entrega antecedentes del manejo del riego es la Eficiencia de Distribución Total (EDT), que considera el nivel de agua aplicada versus el requerimiento de la planta. Este valor debiera estar en rangos superiores al 95%, pero se considera aceptable hasta un 80%. Cualquier valor bajo ese porcentaje significa que estamos regando en exceso o déficit. Lo antecedentes obtenidos se muestran en la **Figura 10**.

Se ve claramente, que es en el manejo donde debemos preocuparnos más, ya que hay un número muy importante de productores que están fuera de los rangos aceptables.

Es importante destacar algunas situaciones que condicionan lo anterior, que está relacionado con donde estamos colocando el agua, esto es especialmente importante en la ubicación de las líneas de goteros y los microaspersores. Esto asociado a que mojan zonas donde no hay raíces extractivas de la planta. En muchos casos, mojan la calle y no humedecen bien la zona donde si están las raíces.

En la **Foto 8 y 9** se muestran algunos casos de lo expuesto anteriormente.

Lo ideal es mojar una banda continua

se grafican en las siguientes fotos. **Foto 7.**

Al factor que al parecer menor importancia se le ha dado en la mayoría de los predios y que es una pieza fundamental en la operación de los equipos de riego es el operador o regador. Persona que tiene una enorme responsabilidad con un sistema tremendamente preciso y a veces complejo de operar. Sin embargo, lo preocupante fue encontrar que el nivel de capacitación de ellos es muy básico y en muchos casos nulo. La **Figura 7** muestra los niveles de capacitación del personal.

Ahora, ya examinando los resultados de las mediciones hechas en los emisores del sistema nos encontramos con el primer indicador que es el diferencial de caudal entre el nominal (o de fábrica) y el real (medido en el huerto). Cuyo valor

recomendado es que esta diferencia no exceda un 10%.

La **Figura 8** nos refleja ese índice para los productores de Copefrut.

Hay un porcentaje importante de equipos que están fuera de rango, lo cual nos indica que pueden existir problemas de diseño, operación o ambos y que afecta el nivel de agua aplicado si no se ha evaluado su caudal.

Otro indicador del funcionamiento de equipo es el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC), que define la uniformidad en distribución del caudal entre los emisores medidos. Este valor no debiera ser inferior a un 90%, e idealmente sobre 95%. La **Figura 9** nos grafica la condición de los emisores de los huertos encuestados.

### SISTEMA DE FILTRAJE

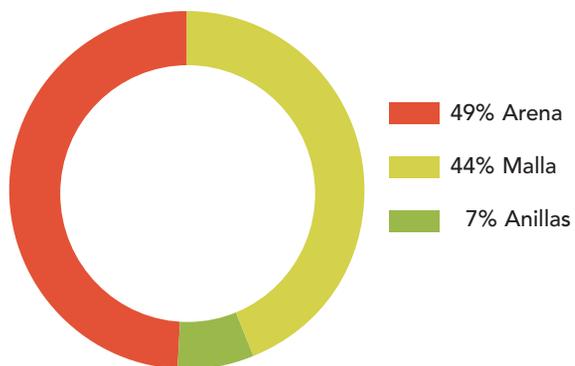


FIGURA 6. Distribución Sistemas de Filtraje.



FOTO 7. Izquierda se ve claramente la mala calidad del agua que está llegando a los emisores, con el evidente peligro de producir un taponamiento. Derecha se ve un agua muy limpia al hacer el descole.

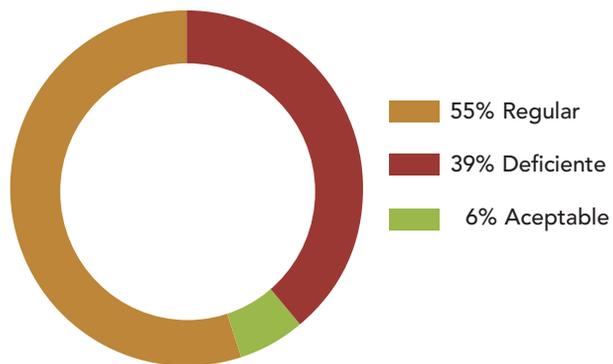


FIGURA 7. Distribución Calidad Operación Sistemas de Riego.

### DELTA CAUDAL (%)

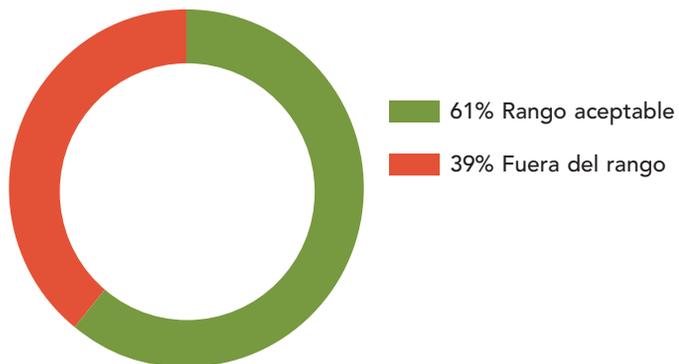


FIGURA 8. Distribución Rango Caudal Sistemas de Riego

### CUC (%)

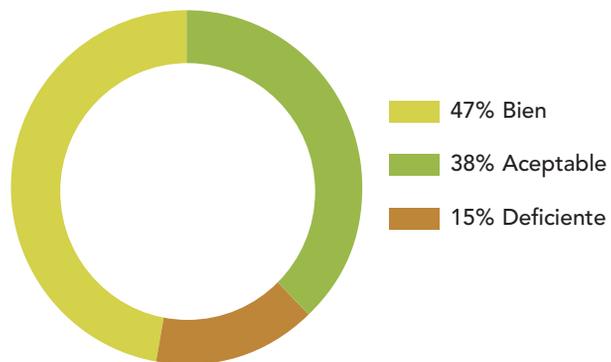


FIGURA 9. Distribución Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC).

### EDT (%)

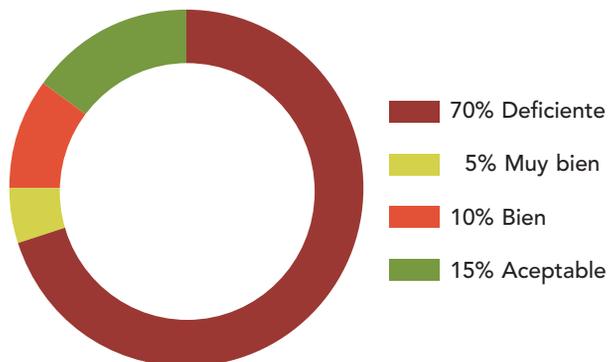


FIGURA 10. Distribución de Eficiencia de Distribución Total (EDT)



**FOTO 8.** Patrones de mojamiento inadecuado, por falta de cubrimiento.



**FOTO 9.** Excesivo mojamiento.



**FOTO 10.** Adecuado patrón de mojamiento.

en la hilera, con un ancho determinado por el sistema radicular de la planta, como se ve en la **Foto 10**.

En resumen, de acuerdo a lo que se analizó tanto de datos cómo visitas a terreno se puede concluir que en general los sistemas de riego funcionan en su mayoría regular o en condiciones medias; pudiendo trabajar mucho mejor con mejoras de carácter básico en la operación y mantención. **Figura 10**.

## CONCLUSIONES

- Equipos en general en un estado regular. Con una mejor mantención y operación es factible obtener un funcionamiento más adecuado.

- Existe un gran número de equipos de riego que trabajan con agua de muy mala calidad. Esto obligaría a considerar obras de mitigación, como lo son los desarenadores.

- Por la mala calidad del agua, algunos filtros no trabajan de forma adecuada. En muchos casos colapsando y en otros casos más graves, permitiendo que agua sucia llegue a los emisores. Esto hace necesario cambiar en algunos casos, de filtro de malla a filtro de arena. Los cuales son más versátiles e idóneos para las condiciones de agua de mala calidad y/o de calidad variable.

- Los patrones de mojamiento de algunos emisores, no se ajustan a las condiciones de las plantaciones actuales.

- Se requiere mejorar el manejo general del riego, tiempo y frecuencia de riego en relación al tipo de suelo, planta y requerimiento.

- Es imperioso que se operen y mantengan en condiciones óptimas los equipos.

- Es altamente recomendable capacitar al personal involucrado con el riego, tanto operadores cómo supervisores, dado los antecedentes analizados.

- Finalmente los diseños de riego deben resolver los requerimientos del huerto, ser eficientes energéticamente y que permita una adecuada operación por los usuarios. **RF**

# Gira Tecnológica España 2013

## Segunda Parte



Foto 1. Cerezos con malla antigranizo.



Foto 2. Manzanos bajo malla antigranizo.



Foto 3. Santina bajo malla con partidura.

“DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPACTANTES ERA EL RIGOR DE LOS TRABAJOS, EL ORDEN, LIMPIEZA E IMPLEMENTACIÓN DEL CAMPO, LO QUE DENOTABA UNA CULTURA DE HACER BIEN LAS COSAS.”

**JORGE ALBORNOZ**  
**PATRICIO SEGUEL G.**  
Copefrut SA

### ZARAGOZA

La gira continuó en la zona de Zaragoza, específicamente en Almunia de Doña Godina, visitando 2 huertos de alta intensidad de manejos. Cabe destacar que estos se encontraban en plena cosecha y sufrían una lluvia que se proyectaba cerca de los 100 mm.

El primero de ellos es Orchard Fruits, con una superficie total de alrededor 100

hás de frutales entre cerezos (35 hás), manzanos (40 hás) y perales (30 hás). De las características más impactantes era el rigor de los trabajos, el orden, limpieza e implementación del campo, lo que denotaba una cultura de hacer bien las cosas.

Muy relevante es el hecho de que toda la superficie estaba cubierta con malla antigranizo, con un costo de 25.000 euros/há (Fotos 1 y 2) problema recurrente en esa zona pero que lamentablemente no ejercía ningún efecto en mitigar las partiduras causadas por las lluvias en los



**Foto 4.** Piso para cosechar fruta.

frutos de cereza (**Foto 3**).

Las variedades plantadas son Santina, Tulare, 313, 484, Lapins, Skeena y Chelan.

El portainjerto utilizado es Santa Lucía 64, destacando la homogeneidad y sanidad del huerto.

El sistema de conducción es eje central y la densidad de plantación es media, a distancias de 4,5 x 2,5 m y la altura es de 3,2 m. Es de lo más similar en diseño y arquitectura a lo que se observa en Chile. Incluso realizan ortopedias para manejar ramas, situación bastante ajena al resto de los productores visitados.

Los rendimientos que obtienen fluctúan entre 12 a 15 toneladas por hectárea, aunque este año particularmente por las lluvias habían perdido el 80 % de la producción (Chelan).

La cosecha la organizan a partir de cuadrillas, cada una de 20 cosecheros y que son supervisados por un jefe. Si hay mucha fruta disponen de un ayudante. El trabajo se hace al día, obteniendo 200 kg/día. Utilizan un piso metálico con el cual recogen el 70% de la fruta (**Foto 4**) y con plataforma de cosecha para manzanos el 30% restante. Esta cosecha estaba resultando extremadamente difícil por los altos porcentajes de partidura, lo que disminuía los rendimientos de cosecha en más de un 50%.

La razón por la cual no han optado por sistemas de conducción más bajos, como es una copa, es mejorar la precocidad del huerto, donde el eje central presenta enormes ventajas. Sí se preocupan de



**Foto 5.** Vaso español de 12 años de edad.

ramificar desde baja altura, aprovechar bien todas las ramas y no superar los 3,2 m de alto. En su mirada no se han equivocado ya que la facilidad de formación, precocidad y rentabilidad que obtienen avalan y compensan una menor eficiencia de cosecha, la que en ningún caso es groseramente inferior a un sistema sin uso de escaleras o plataformas.

Otro huerto visitado en esta zona es



**Foto 6.** 20 ton por ha de Lapins en Vaso español.

el perteneciente a Empresas Vidrio, que posee 130 ha de cerezos.

Su principal característica son los huertos peatonales formados con el tradicional vasito español, de más de 12 años de edad (**Foto 5**). Realmente impactantes, llegando a alturas no mayores a los 2 m, con 20 ton/ha y calibres de 30 mm en variedad Lapins (**Foto 6**). Si se hace memoria, este sistema consiste en cortes sucesivos durante los primeros 3 años del huerto y que es el motivo principal del importante atraso en la entrada en producción por el cual los españoles lo dejaron de implementar, ya que recién al séptimo u octavo año conseguían la plena producción.

En la actualidad están utilizando el sistema de multieje, el cual consiste en el primer año multiplicar 6 a 7 ramas, de las cuales en el segundo invierno eligen 4 o 5 que son ramificada con Promalina. Cabe destacar que sus ángulos son muy abiertos. Si bien sus costos se han visto elevados, esto les confiere precocidad y mayores beneficios.

El huerto está ubicado en ladera (**Foto 7**), con una calidad de suelo solo regular, lo que representa una ventaja ya que con esto se regula el vigor de los árboles pudiéndose controlar con menores costos. De todas formas es impensable para nuestra situación un vigor y homogeneidad de huertos bajo esta situación, ya que además prácticamente no realizaban ninguna intervención importante de preparación de suelo previo a la plantación.



**Foto 7.** Huertos Vidrio, producción en laderas.

## EXTREMADURA

El programa de la gira continuó hacia el sur-oeste de España, en dirección a la zona de Extramadura, donde se visitaron los huertos e instalaciones de frío y proceso de Empresas Tany Nature (Foto 8), de propiedad de Atanasio Naranjo.

Esta empresa explota alrededor de 2.000 ha de frutales y hortalizas en España, Portugal y Marruecos. Sus principales especies son ciruelas, duraznos, nectarines, damascos y espárragos y comercializan su fruta a Europa y Brasil.

Junto a comercializar su fruta, también exportan fruta de terceros, embalando en sus propias plantas de proceso, siendo similar al sistema que hay en Chile de exportación de fruta.

Por cada una de las especies frutales que cuentan, incorporan más de 30 variedades, de tal forma de ampliar la oferta de producto. Si bien en no todas obtienen los mismos resultados, esta diversificación les garantiza optimizar los procesos de sus plantas de embalaje y capacidad de frío instaladas y además conseguir satisfacer las diversas demandas de sus clientes, logrando fidelización.

Permanentemente están evaluando variedades para validarlas antes de darles uso comercial. Esto puede significar un proceso que dura entre 6 a 8 años.

Cuentan con un grupo de profesionales que apoyan tanto la producción propia como la de terceros. Así también en las plantas de proceso y comercialización,



**Foto 8.** Empresas Tany Nature.



**Foto 9.** Atanasio Naranjo explica formación de ciruelos peatonales y de baja intervención.



**Foto 10.** Plantas de primer año se rebajan y dejan con casi todos los brotes.

Foto 11. Larry Ann.



Foto 12. Angeleno.



Foto 13. Black Splendor.



Foto 14. Black Splendor.

tienen un grupo fuerte, incorporándose la familia en toda la cadena de valor.

### CONCEPTO PRODUCTIVO

Debido a los altos costos de producción y mano de obra y a la escasez de ésta, su propuesta es la obtención de huertos precoces, peatonales, de muy baja intervención en todas las etapas y altamente productivos (Foto 9).

Es importante elegir adecuadamente el suelo donde plantar. Así, los ciruelos, de mayor vigor entre los carozos son plantados en los suelos más pobres.

Al llegar la planta, ésta es rebajada. Se dejan todos los brotes (Foto 10) y en los años sucesivos van seleccionando hasta llegar a 4 a 6 brazos exteriores finales. Se eliminan los que están ubicados al interior de la copa y aquellos muy vigorosos.

Prácticamente no hacen ortopedias,

mucho uso de tijera y fuerte conocimiento de los hábitos de crecimiento y fructificación de cada especie y variedad (Fotos 11, 12, 13 y 14). Con esto han conseguido, en gran parte de los casos, obtener los objetivos propuestos. El problema que tienen, es la dificultad de entender cada situación, en especial cuando existe rotación de personal o por la natural diferencia entre capacidades y aptitudes de quienes hacen el trabajo. Para minimizar estos problemas, Atanasio Naranjo permanentemente está recorriendo los huertos, ya que, en su opinión, es la etapa más crítica del negocio de fruta fresca.

El manejo de los brotes laterales también es de baja intervención. A medida que los brotes van creciendo, los más vigorosos y erectos son recortados a mediados de Primavera para que rebroten en 3 a 4 de vigor moderado. El resto, de menor vigor y ángulos abiertos, los

dejan libres.

Con esto evitan la ortopedia y apelan a que la cuaja de fruta en madera de un año terminará de posicionar las ramas que se transformarán en cargadores frutales endardados. Cuando por clima no hay buena cuaja en estas estructuras, ven dificultada la formación, ya que sufren de vigorización.

La altura la mantienen con topping una vez se logra la altura deseada, 2,5 a 3 m de altura (Foto 15).

Sus expectativas productivas, dependiendo de la variedad, son particularmente altas. En ciruelo Angeleno esperan obtener 60 ton/há. De todas ellas, no más de 40 toneladas son de buen calibre, el resto son de calibre medios-bajos, los que para su caso, obtienen buenos ingresos. Se menciona la imposibilidad de una alta proporción de calibres pequeños para la situación chilena.

Los costos de producción son del orden



**Foto 15.** Máquina para hacer Topping.

de los USD\$15.000 y ponen especial énfasis en facilitar el raleo, labor más onerosa en el cultivo de carozos.

## PROCESO Y COMERCIALIZACIÓN

Cuentan con modernas instalaciones, muchas de ellas robotizadas (**Foto 16**). Con esto pueden optimizar los procesos, disminuyendo costos unitarios. Por otro lado, esto les permite diversificar productos, sacando mayor provecho a cada tipo de fruta (**Foto 17**).

Tienen comunicación fluida y directa entre operaciones y ventas, con información oportuna de la calidad y condición de cada lote, especialmente calibre y madurez.

Según lo rescatado, el trabajo, compromiso por la calidad, la integración transversal y la información oportuna y



**Foto 16.** Tany Nature Robotica en plantas de proceso.



**Foto 17.** Se pueden procesar distintas especies y variedades al mismo tiempo.

transparente es la única vía que conduce a buenos resultados, crecimiento y proyección al futuro.

## AGRADECIMIENTOS

Copefrut S.A. y los integrantes de esta gira agradecen profundamente el apoyo

prestado por el Estado de Chile, quien a través de FIA, facilitó la realización de este proyecto con el financiamiento de casi el 50% de los costos incurridos. Creemos, de manera sincera, que la realización de estas iniciativas ayudará a mantener la competitividad del sector privado, en una actividad particularmente incierta pero de gran retribución social. **RF**

# Innovaciones científicas y tecnológicas en la multiplicación de las especies leñosas

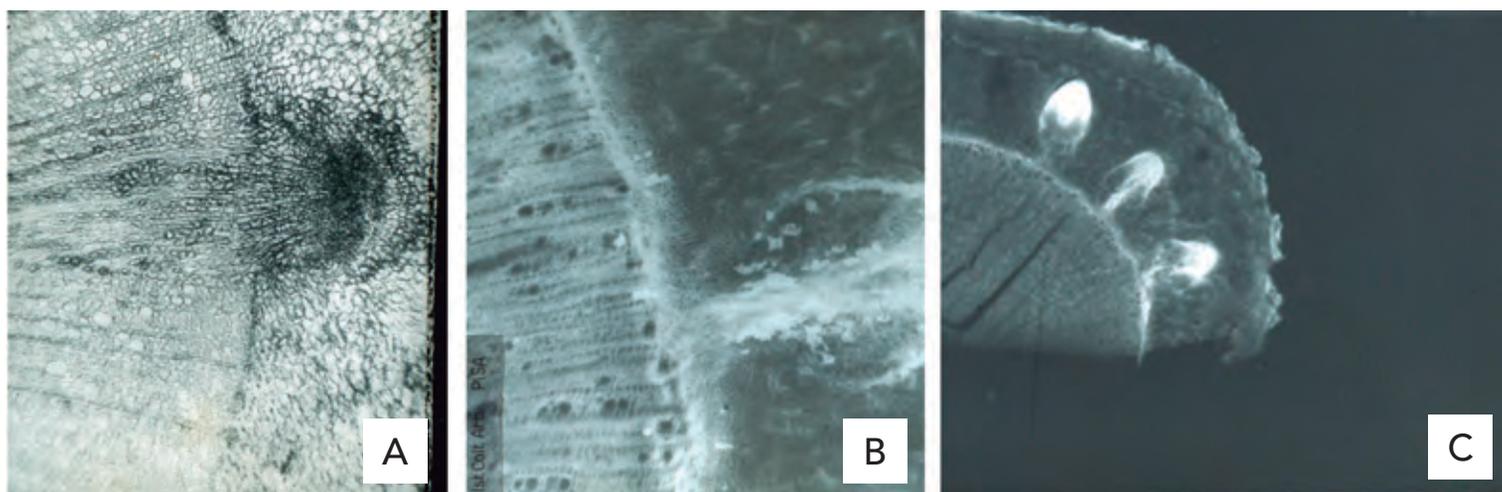


FIGURA 1. Evolución de las raíces adventicias en una estaca leñosa: (A) primordio radical; (B) y (C) esbozos radicales.

## FILIBERTO LORETI

Dipartimento di Scienze Agrarie,  
Alimentari e Agro-ambientali –  
Università di Pisa, Italia  
E- mail: filiberto.loreti\_presidenza\_  
centrovest@georgofili.it Via del  
Borghetto, 80-56123 Pisa

“EL DESCUBRIMIENTO DE LAS AUXINAS Y SUS  
APLICACIONES EN LA PROPAGACIÓN POR  
ESTACA REPRESENTA SIN DUDA UNA **ETAPA  
FUNDAMENTAL** DE ESTA EVOLUCIÓN.”

## INTRODUCCIÓN

La intensa actividad de investigación conducida en los últimos decenios sobre multiplicación de las especies leñosas ha permitido lograr importantes innovaciones científicas y tecnológicas también en el sector de la propagación. Entre estas serán señaladas aquellas que han incidido de manera más significativa sobre la evolución sulla y el progreso de este importante sector

y, en consecuencia, sobre la actividad viverista. Las principales etapas de esta evolución pueden ser sintetizadas en el descubrimiento de las auxinas y de otros fitorreguladores o compuestos no auxínicos que actúan sobre la inducción rizógena, la aplicación de las técnicas de la nebulización y del calentamiento basal, las innovaciones sobre el cultivo in vitro como la micropropagación y la

embriogénesis somática, para giungere a los más recientes estudios sobre semillas artificiales y a las aplicaciones de las técnicas de ingeniería genética.

## AUXINA

El descubrimiento de las auxinas y sus aplicaciones en la propagación

por estaca representa sin duda una etapa fundamental de esta evolución, por cuanto sus aplicaciones han consentido la amplificación del poder rizógeno natural de numerosas especies y mejorar sensiblemente los resultados obtenidos con el autoenraizamiento. El conocimiento sobre la acción de las auxinas en la inducción rizógena aparece en la mitad de los años treinta (THIMAN; WENT, 1934), cuando se vió que aplicando la auxina natural, el ácido indolacético (IAA), a la base de estacas etioladas de arveja se inducía el enraizamiento. Contemporáneamente analoga acción fue observada con el uso de dos auxinas sintéticas, el ácido indolbutírico (IBA) y el ácido alfa-naftalenacético (NAA). Desde entonces ha sido muchas veces confirmado que las auxinas son las principales sustancias responsables de la inducción de las raíces adventicias y que la división de las primeras células de los primordios radicales depende de las auxinas endógenas (IAA) o de aquellas aplicadas por vía exógena (IBA, NAA), a través de tratamientos rizógenos (HARTMAN et al., 2002). Durante la rizogénesis se ha observado, además, que las auxinas actúan activamente en relación al estado de diferenciación de los primordios radicales, que comprende:

una primera fase de una duración de cerca de 4 días en la cual las auxinas, endógenas o aplicadas por vía exógena son esenciales para la diferenciación de las raíces adventicias;

una segunda fase, sucesiva de la primera, en la cual las auxinas no parecen provocar alguna acción sobre el proceso de diferenciación.

Si bien estas observaciones necesitan posterior confirmación, unánimes son las afirmaciones de que las auxinas son las principales sustancias responsables de la inducción rizógena y la sucesiva evolución de primordios y esbozos radicales (Figura1). Entre los compuestos mayormente utilizados para los tratamientos a estacas son el IAA, el IBA y el NAA, aunque a estos se agregan el

ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), el ácido 2,4,5-triclorofenoxipropiónico (2,4,5T), etc., usados en menor medida. El IBA es el compuesto que forma parte de numerosas formulaciones comerciales más que el IAA, ya que este último es más lábil (a la luz, al calor, etc.) y, entonces, debe ser usado con mayor cautela.

Otros fitorreguladores que intervienen en la inducción rizógena, pero cuya acción no ha estado siempre bien definida son las giberelinas, las

citocininas y el etileno, mientras que un rol muy importante pertenece a otras sustancias de naturaleza no auxínica denominadas cofactores.

## CO-FACTORES

Con el término cofactores está comprendido un grupo de sustancias de naturaleza compleja definidas solamente en parte químicamente, encontradas en altas concentraciones en algunas



**FIGURA 2.** Algunas tipologías de invernadero con nebulización (arriba) y estacas radicadas de duraznero y olivo (abajo).

especies caracterizadas por un elevado poder rizógeno, como la forma juvenil de hiedra (*Hedera helix*), algunas cultivariedades de crisantemo el hibisco (*Hibiscus rosa sinensis*); viceversa, sus concentraciones son muy bajas o están ausentes en especies o en alguna de sus formas, como en la hiedra adulta, dotada de escaso poder rizógeno. Tales substancias, de naturaleza fenólica, han sido denominadas cofactores, los cuales están caracterizados por una estructura compleja de alto peso molecular (HESS, 1962). Hipotéticamente, en la inducción radical los cofactores actuarían sinérgicamente con la auxina endógena IAA o con la suministrada por vía exógena. Sucesivamente, análogos promotores del enraizamiento (de naturaleza fenólica) han sido extraídos de la porción basal de estacas de la cultivariedad de peral 'Old Home' (que enraíza fácilmente), mientras que estaban ausentes en extractos de la porción basal de estacas tratadas con IBA de otra variedad de peral, 'Bartlett', caracterizada por un difícil enraizamiento. De los resultados obtenidos en tales investigaciones ha sido confirmado que los promotores de naturaleza fenólica (cofactores) se unen con las auxinas, formando un complejo auxina-fenólico que actúa sobre la inducción rizógena (FADL; HARTMAN, 1967). Además, los compuestos fenólicos tendrían el rol de proteger la auxina endógena IAA de la degradación determinada por la enzima IAA-oxidasa.

En definitiva, la inducción rizógena estaría determinada por la acción combinada de la auxina endógena (IAA) o exógena (IBA, NAA, etc.) con los cofactores (LORETI; PISANI, 1982).

## NEBULIZACIÓN Y CALENTAMIENTO BASAL

Otro importante avance alcanzado en los años 60 bajo el perfil tecnológico está representado por el estudio y la aplicación a nivel viverístico de nuevas

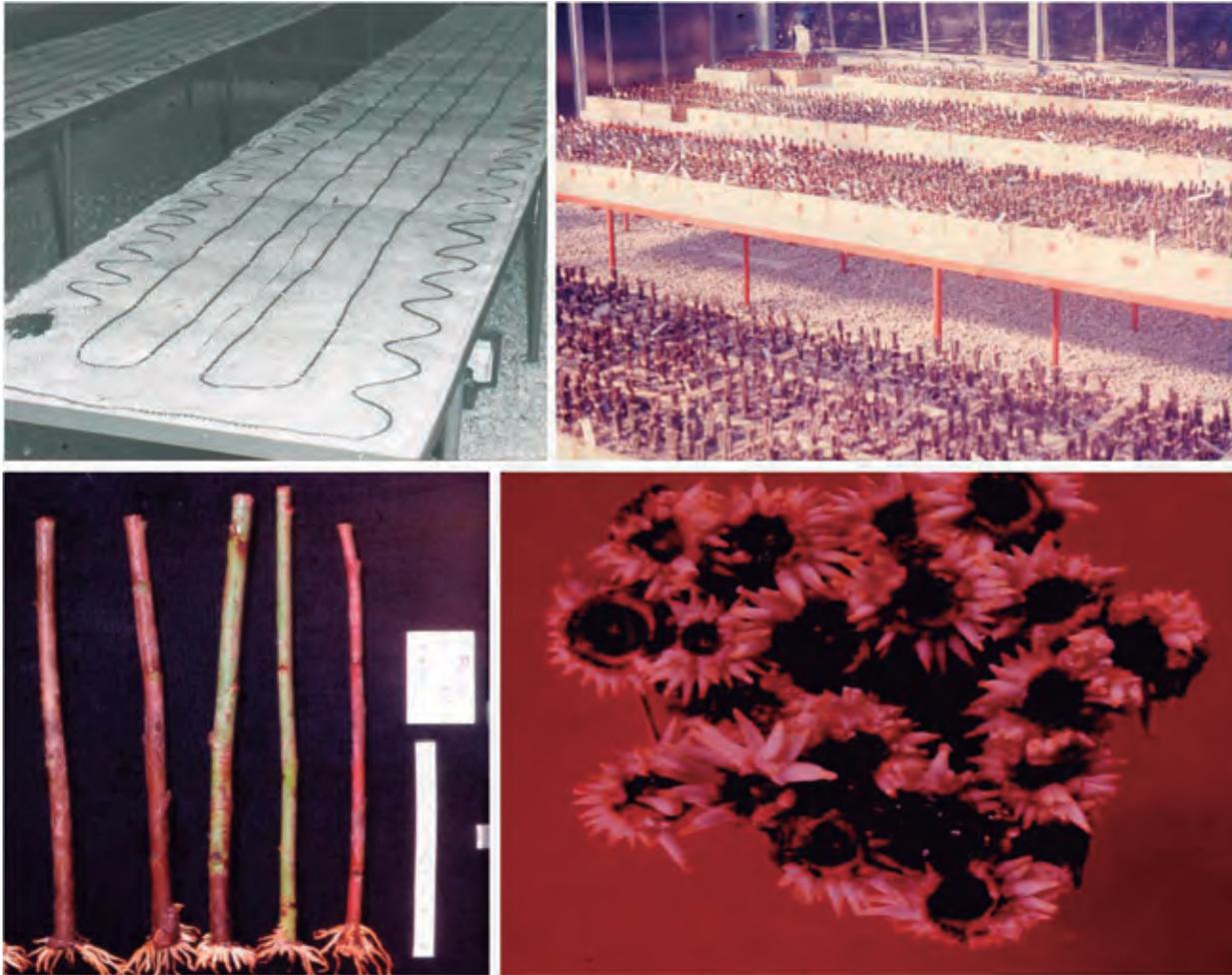
técnicas de propagación, como la nebulización y el calentamiento basal.

### NEBULIZACIÓN

Es la técnica de propagación usada para las estacas herbáceas y semileñosas que está difundida ampliamente, sobretudo para la multiplicación de algunos portainjertos de los árboles frutales, el olivo y numerosas especies ornamentales. Consiste en mantener las estacas provistas de hojas constantemente húmedas con una sutil película de agua de modo de reducir al mínimo la transpiración. De esa manera, las estacas vitales pueden continuar con la síntesis de los hidratos de carbono y de las hormonas rizógenas. Es necesario disponer de una estructura, generalmente representada por un invernadero, provista de mesones (Figura 2) en los que se ponen a enraizar las estacas después de ser oportunamente tratadas con substancias rizógenas (LORETI; HARTMAN, 1964). Sobre los mesones, a través de boquillas apropiadas, el agua es finamente nebulizada, por un sistema a compresión aire-agua durante las horas más cálidas del día para mantener en el ambiente de enraizamiento una humedad relativa en torno a 80-100% y una temperatura variable entre 25 y 30° C y que en cada caso no debe superar 35°C. La humedad es constantemente controlada con instrumentos (temporizadores, higrómetro, hoja electrónica, etc.) y el agua es aportada intermitentemente, interrumpiéndose el suministro durante las horas nocturnas. El éxito del enraizamiento, que en algunas especies se prolonga por períodos bastante largos (hasta más de 40-50 días), varía en función de la época de obtención de las estacas (HARTMAN; LORETI, 1965). Durante el enraizamiento, es bueno controlar el estado sanitario de las estacas y, cuando sea necesario, es oportuno intervenir con tratamientos efectuados en las horas del atardecer, después de la interrupción de la aplicación del

agua. Para las especies dotadas de bajo potencial rizógeno es acertado intervenir con aspersiones foliares de sales minerales que han mostrado favorecer el enraizamiento. Para crear condiciones uniformes de humedad en los mesones de enraizamiento, no siempre fácilmente conseguido en invernaderos de dimensión mediana-grande, es oportuno recurrir a la cobertura de cada mesón con túnel de plástico transparente, para confinar la humedad en el ambiente circunscrito al mesón mismo. En este caso se habla comunemente de nebulización en túnel doble. Al término del período de enraizamiento, con la aparición de las primeras raíces adventicias, es oportuno disminuir gradualmente la humedad mediante la disminución del tiempo de mojado. De tal modo se pueden crear condiciones más favorables para el trasplante de las estacas enraizadas al período llamado de "endurecimiento" después que las jóvenes plantitas barbadas pueden ser transplantadas a vasos o a contenedores y puestas en sombreaderos por un período variable de tiempo según la especie.

La nebulización puede ser efectuada también a campo descubierto, teniendo cuidado de proteger los mesones con paredes laterales para obtener una uniforme distribución del agua aplicada con boquillas especiales. Se recurre a esta técnica, mucho menos costosa que la precedente, para especies dotadas de un buen potencial rizógeno, las cuales requieren tiempos de enraizamiento más breves. Una variante de la nebulización es la "fog mist", que difiere en que la humedad al interior del invernadero es mantenida por la producción de una densa niebla que permite disminuir el baño de la superficie foliar de las estacas y, sobretudo, la humedad del substrato, la cual puede resultar excesiva, especialmente para especies que requieren períodos de enraizamiento relativamente largos. Esta técnica es adoptada para la multiplicación de



**FIGURA 3.** Mesones provistos de cable eléctrico para el calentamiento basal utilizados en el Departamento de Cultivo y Defensa de las Especies Leñosas (G. Scaramuzzi) para la propagación de las estacas leñosas (arriba) y estacas radicadas de duraznero (abajo).

varias especies por estacas herbácea y semileñosa.

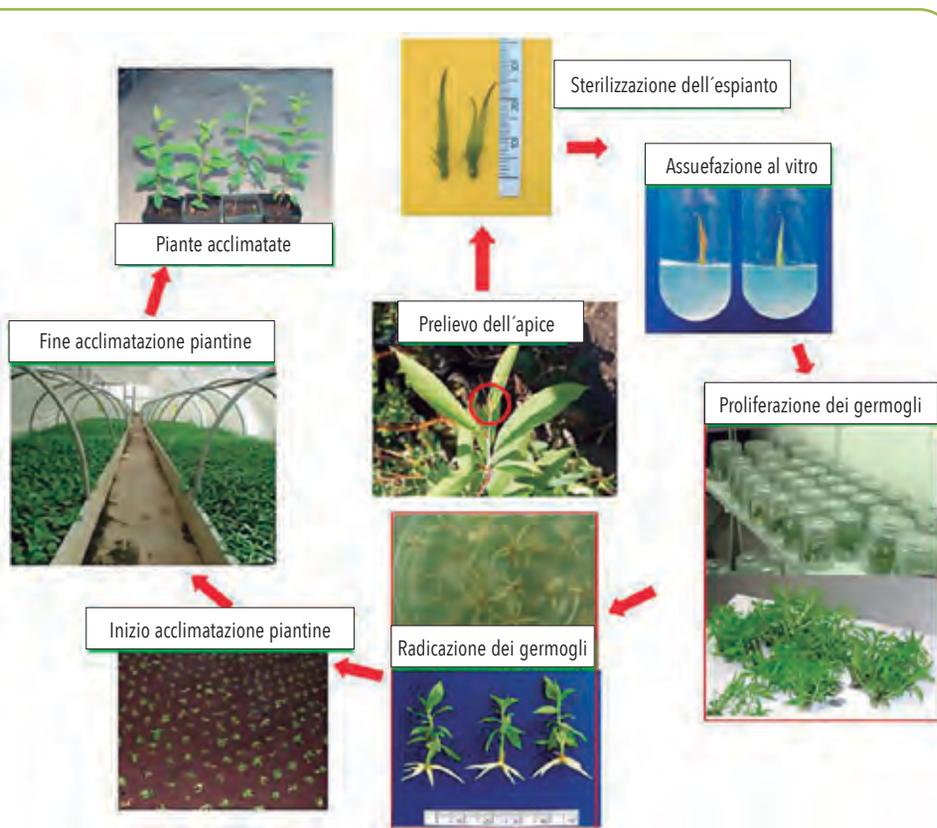
#### CALENTAMIENTO BASAL

Se usa para la propagación de las estacas leñosas preparadas a fines de otoño-comienzos de invierno y se basa en el principio de inducir la formación de las raíces adventicias en una estaca en la cual las yemas son mantenidas durmientes. Tales condiciones se dan manteniendo la base de la estaca a la temperatura de 18-22°C, idónea para estimular la inducción rizógena, mientras la parte superior es expuesta a temperatura ambiente (4-10°C), de modo de mantener las yemas en estado durmiente.

De ese modo las jóvenes plantitas barbadadas pueden ser transplantadas al campo (o al vivero) con las raíces funcionando, en grado de absorber agua y elementos nutritivos. Ocurre así el proceso inverso a aquel que se verifica plantando las estacas en pleno campo donde se tiene la brotación y el sucesivo desarrollo del brote destinado a deshidratarse cuando aún no se han formado las raíces absorbentes, necesarias para compensar la transpiración de las jóvenes hojitas a través de la absorción del agua.

Las estacas, que pueden ser obtenidas después de la caída de las hojas hasta el inicio del invierno, son tratadas con sustancias rizógenas (IBA a 2000-4000 ppm, según la especie) y puestas a

enraizar en mesones especiales (**Figura 3**) provistos de cable termoelectrónico o de un sistema de tubos en los cuales se hace circular agua calentada de modo de alcanzar una temperatura constante de 18-22°C (FIORINO; LORETI, 1965). Las estacas son plantadas en contenedores apropiados llenos con sustrato generalmente de perlita o perlita más turba en proporción de 3:1. El trasplante de las estacas puede ser efectuado inmediatamente después de la inducción o apenas emergen las primeras raíces adventicias (**Figura 3**) y en cualquier caso cuando la temperatura externa es favorable para el reinicio de la actividad vegetativa. Para favorecer el prendimiento de las plantitas barbadadas es oportuno bajar gradualmente la



**FIGURA 4.** Representación de las fases de la micropropagación: obtención del ápice (centro), esterilización de explantes, acostumbramiento al vidrio, proliferación de brotes, radicación de brotes, inicio aclimatación plantitas, fin aclimatación plantitas, plantas aclimatadas.

temperatura en la base de las estacas a 10-12°C, de modo de determinar el endurecimiento de las raíces.

## MICROPROPAGACIÓN

Sin embargo, la grand conquista en propagación agámica ha sido realizada en torno al año 1970 con la técnica in vitro de la micropropagación, a través de la cual ha sido posible multiplicar especies dotadas de escaso poder rizógeno natural, no propagables con los métodos tradicionales (DEBERG; ZIMMERMAN, 1991). Otra gran ventaja ofrecida por la micropropagación es la posibilidad de obtener grandes cantidades de material en espacios

reducidos y en tiempo muy breve por todo el año. Además, gracias a las investigaciones realizadas en los últimos 30-40 años hoy se dispone de protocolos de propagación muy eficientes para numerosas especies que han permitido mejorar la calidad del material viverístico. La introducción de esta técnica de propagación a escala viverística ha hecho una enorme contribución a la multiplicación de numerosas especies arbóreas de fruto, forestales, hortícolas, ornamentales, medicinales y farmacéuticas (DE PAOLI et al., 1995). Una estimación de las plantas producidas anualmente con este método es extremadamente difícil, aunque es realista presumir que alcanza a diversas decenas de millones.

Tal técnica consiste en cultivar in vitro yemas o ápices de brotes en condiciones ambientales controladas y en substratos de crecimiento conteniendo principalmente macro y microelementos, vitaminas, reguladores de crecimiento y azúcar suministrados en concentraciones variables en las diversa fases de la micropropagación (FIORINO; LORETI, 1987). Tales fases están sintéticamente representadas por la obtención y esterilización de los explantes, la estabilización del cultivo, la multiplicación de los brotes, el enraizamiento de los brotes y, en fin, por la aclimatación de las plantitas (Figura 4).

### OBTENCIÓN Y ESTERILIZACIÓN DE LOS EXPLANTES

Como material de partida (explante) pueden ser utilizadas yemas durmientes, meristemas apicales y laterales o ápices obtenidos de brotes jóvenes en crecimiento, desarrolladas en condiciones ambientales higiénicamente controladas. La esterilización del explante es la primera operación importante para eliminar microorganismos contaminantes (hongos y bacterias) presentes sobre la superficie externa de los tejidos. Tratamientos preventivos con fungicidas de los brotes de los cuales serán obtenidos los explantes facilitarán la esterilización. De difícil eliminación son los microorganismos internos al tejido, los que que no son alcanzables con las técnicas convencionales.

Para la esterilización, los explantes, luego de su obtención, son profusamente lavados con agua corriente y sucesivamente pretatados por pocos segundos con una solución de agua estéril y alcohol etílico o agua oxigenada. Después de tal operación los explantes son tratados con hipoclorito de sodio o de calcio (al 15 – 30 %) por cerca de 15 – 20 min, o bien con cloruro de mercurio (1 – 3 g/l por 3 – 5 min), y luego enjuagados 3 veces con agua estéril. Finalmente, se procede con un

**CUADRO 1.** Ejemplo de un sustrato de cultivo.

COMPONENTE	mg/l	COMPONENTE	mg/l
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1650	FeSO <sub>4</sub> ·7 H <sub>2</sub> O	27,8
KNO <sub>3</sub>	1900	Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	37,3
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	440	Inositol	100
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	370	Ácido nicotínico	0,5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170	Piridoxina HCl	0,5
KI	0,83	Tiamina HCl	0,1
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,2	Glicina	2,0
MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	22,3	Sacarosa	20 - 30 g/l
ZnSO <sub>4</sub> ·7 H <sub>2</sub> O	8,6	BA	0,2 – 2,0
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2 H <sub>2</sub> O	0,25	AIB o ANA	0,05 – 0,1 ( M)
CuSO <sub>4</sub> ·5 H <sub>2</sub> O	0,025	AIB o ANA	0,3 – 1,0 (R)
CoCl <sub>2</sub> ·6 H <sub>2</sub> O	0,025	AG3	0,1 – 0,5

BA = 6-bencilaminopurina; AIB = ácido indolbutírico;  
 AG3 (ácido giberélico); ANA = ácido naftalenacético;  
 M = en fase de multiplicación de brotes  
 R = en fase de radicación de brotes

bisturí a la eliminación de los tejidos dañados por el producto esterilizante.

Esas operaciones son seguidas bajo esa capa de flujo laminar de aire estéril. Los explantes así preparados son puestos en cultivo en adecuados sustratos puestos a punto para cada especie, variedad o portainjerto a propagar.

#### SUBSTRATO DE CULTIVO Y CÁMARA DE CRECIMIENTO

El sustrato está constituido por sales minerales (macro y microelementos), vitaminas, reguladores de crecimiento, sacarosa y agar (Cuadro 1). Los reguladores de crecimiento más utilizados son la citocinina (BA: 6-bencilaminopurina, K: cinetina, 2iP: 2-isopenteniladenina, Z: ceatina) para estimular la multiplicación de brotes, la giberelina (AG3: ácido giberélico) para el alargamiento y la auxina (AIB: ácido indolbutírico, AIA: ácido indolacético, ANA: ácido

naftalenacético) para la radicación. La sacarosa representa la única fuente de energía para el crecimiento, siendo la actividad fotosintética obstaculizada por el rápido agotamiento de anhídrido carbónico en el interior de los vasos de cultivo y por la baja intensidad de luz. El agar confiere al sustrato una cierta consistencia y permite mantener el cultivo en posición vertical.

Los explantes, una vez puestos en cultivo en probetas adecuadas o en vasos sellados, son transferidos a la cámara de crecimiento, en la cual deben ser oportunamente reguladas la temperatura y la humedad, que constituyen las principales condiciones ambientales. Con respecto a la luz es importante regular la intensidad (30-50 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), el fotoperiodo (16 h de luz-8 h de oscuridad) y la calidad (obtenida con tubos fluorescentes que simulan el espectro de la luz solar en la banda visible). La temperatura

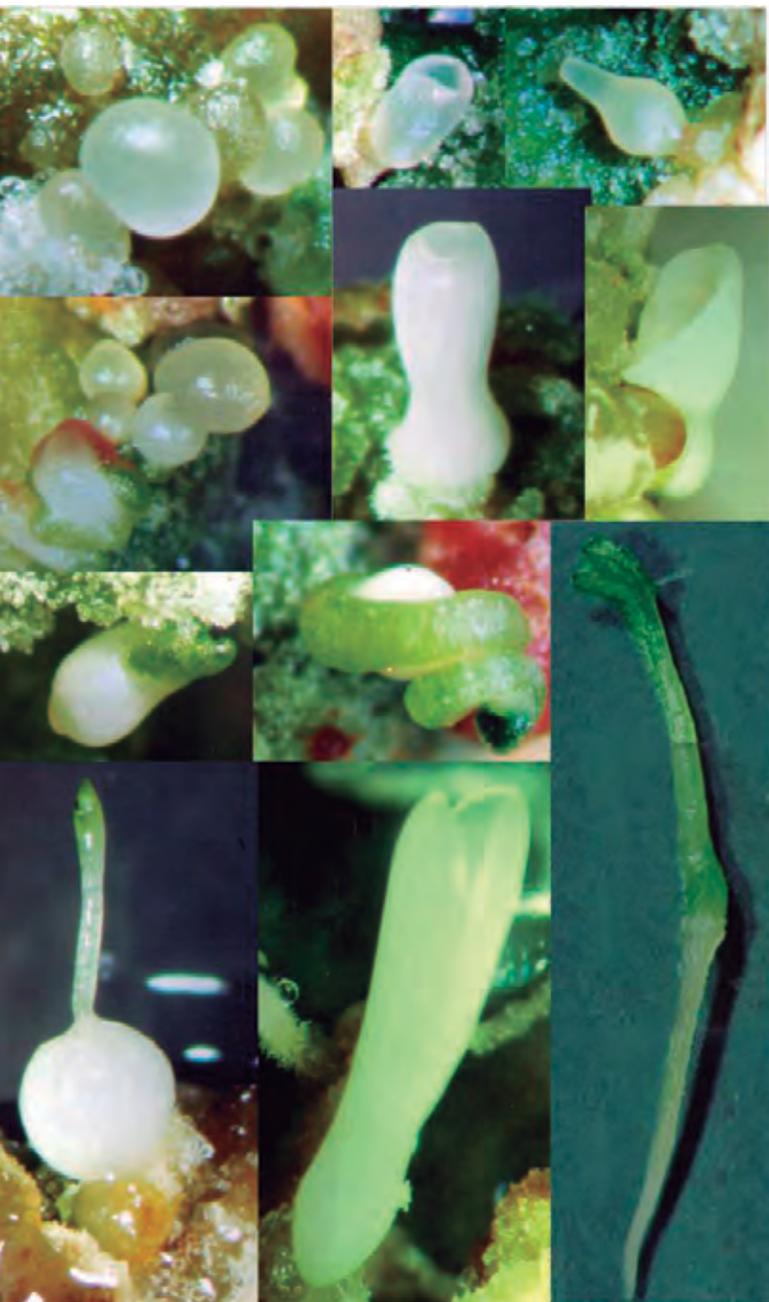
es mantenida constantemente cerca de 22-25 °C. La humedad relativa y la componente gaseosa de la cámara de crecimiento tienen escasa influencia sobre las condiciones microambientales de los vasos de cultivo, los que son bastante herméticos.

#### ESTABILIZACIÓN DEL CULTIVO

Los explantes en la cámara de crecimiento después de algunas semanas formarán un brote provisto de nudos, hojas y yemas axilares. En el mismo tiempo, en la parte basal del explante se desarrollan pequeños nuevos brotes que crecen activamente. En este momento el explante es acostumbrado a las condiciones microambientales del vidrio y se puede considerar iniciada la sucesiva fase de multiplicación de los brotes. El periodo de tiempo necesario para el cultivo para la estabilización puede ser de pocas semanas o algunos meses, en relación a la especie.

#### MULTIPLICACIÓN DE LOS BROTES

Los pequeños agregados de nuevos brotes se subdividen en porciones más pequeñas y transferidas a vasos de mayor volumen (500 ml) conteniendo el sustrato de crecimiento. En las sucesivas 2-3 semanas se formarán otros nuevos brotes que serán, a su vez, subdivididos y transferidos a otros vasos con sustrato fresco. La transferencia de los cultivos depende de la rapidez de crecimiento y, en general, es seguida a intervalos (subcultivo) de cerca de 15 - 25 días. Esta operación permite reintegrar en el sustrato los constituyentes que han sido agotados con el crecimiento de los cultivos. La capacidad de multiplicación de los brotes de un determinado genotipo se expresa mediante la tasa de multiplicación, esto es, el número de nuevos brotes producidos en un mes de un solo brote; esto varía de cerca de 1:5 a 1:15 en función del genotipo y de la eficacia del sustrato de cultivo. La



**FIGURA 5.** Ejemplo de embriones somáticos regenerados de hojas de membrillero.

presencia de citocinina (0,2–2 mg/l) en el substrato es fundamental porque activa la división celular en los meristemas axilares, desvinculándoles de la dominación apical del brote. Otros reguladores de crecimiento que pueden ejercer un efecto positivo sobre el crecimiento de los cultivos, como auxinas y giberelinas, son agregadas al substrato en concentraciones inferiores.

La fase de multiplicación termina cuando se logra el número preestablecido

con agua corriente, las plantitas son transferidas a alvéolos conteniendo turba, tratadas con un producto fungicida (para prevenir posibles ataques parasitarios) y transferidas a un túnel de aclimatación situado al interior del invernadero. Después de 7 – 10 días, el túnel es gradualmente semiabierto por períodos siempre más largos, hasta la completa apertura después de cerca de 3 – 4 semanas. En este punto las plantitas son aclimatadas

de brotes. Si estos son de limitado desarrollo (0,5–1,5 cm), una fase de alargamiento (de cerca de 10 – 15 días) puede hacerlos más vigorosos, mejorar la morfogénesis de las hojas y favorecer la sucesiva rizogénesis. Comúnmente, tal fase es efectuada reduciendo la concentración de citocinina (a 0,1– 0,2 mg/l) y empleando carbón activo (0,5–1 g/l).

#### **ENRAIZAMIENTO DE LOS BROTES**

Los brotes individuales son transferidos a un substrato conteniendo solo auxina (0,3 – 1 mg/l). En cerca de 15 – 25 días se formarán las raíces adventicias, en número y tiempo variables según el genotipo y la composición del substrato. La radicación, para algunas especies, puede ser inducida también ex-vitro durante la fase nicial de la aclimatación.

#### **ACLIMATACIÓN DE LAS PLANTITAS**

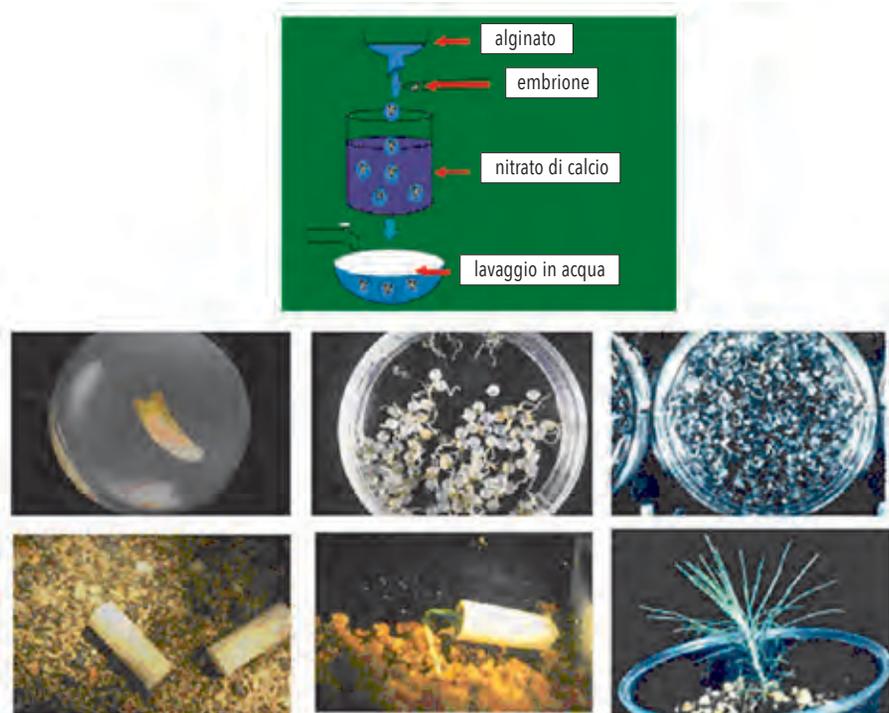
Después de un cuidadoso lavado de las raíces

a las condiciones ambientales del invernadero y es renovada la capacidad de producir cera y el mecanismo de cierre estomático, alterado durante el cultivo in vitro. Un importante paso adelante ha estado efectuado también en la aclimatación del material micropropagado, fase bastante delicada, en la cual, para diversas especies, se habían perdido sensiblemente plantitas radicadas. Investigaciones efectuadas recientemente han puesto en evidencia cómo la simbiosis micorrícica con hongos seleccionados, con plantitas en la fase de aclimatación, estimulan el crecimiento, con consecuencias positivas no solo sobre la supervivencia sino también sobre la calidad del producto final (MORINI; GIOVANNETTI, 2004). La asociación hongo/planta hospedera está caracterizada por complejas interacciones a nivel nutritivo y hormonal. El hongo se beneficia de los hidratos de carbono producidos por la plantita y ésta de los nutrimentos y del agua absorbidos por el hongo a través de las hifas que se desarrollan en el terreno alrededor de las raíces.

Esto es cuanto ha sido hasta ahora conseguido y aplicado en gran escala viverística. Pero ¿cuáles son las perspectivas de desarrollo de este importante sector? Los estudios realizados en el campo de la investigación biológica han permitido profundizar el conocimiento también sobre la propagación, objetivo que hasta hace algunos años parecía irrealizable, hoy se está cerca de conseguir y proyectar en un próximo futuro interesantes innovaciones adicionales en el sector de la propagación. Se trata de biotecnología que podría revolucionar el sector viverístico, como la embriogénesis somática, los biorreactores y semillas artificiales, además de las técnicas que se deriven de la ingeniería genética.

### **EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA**

Otra biotecnología que podría



**FIGURA 6.** Representación esquemática del procedimiento seguido para el encapsulamiento de los embriones somáticos: alginato, embrión, nitrato de calcio, lavado en agua.

revolucionar ulteriormente las técnicas de propagación es la embriogénesis somática (MOHAN JAIN, 2000). Es un proceso por el cual las células somáticas vegetales, en determinadas condiciones ambientales, hormonales y nutricionales, pueden re-diferenciarse y dar lugar a embriones somáticos similares, por la estructura que les caracteriza, a los embriones cigóticos (Figura 5). Se ha demostrado que con la embriogénesis somática es posible producir, al menos para algunas especies, grandes cantidades de plantas en tiempo y espacio verdaderamente limitados con respecto a aquellos necesarios para la micropropagación. Además, porque el embrión somático ya está provisto del meristema caulinar y del radical, la planta completa puede ser obtenida con menos manipulaciones del cultivo con respecto a la micropropagación, en el cual se debe inducir primero la formación de brotes y sucesivamente de las raíces.

En estos últimos años se han realizado numerosas investigaciones

con el objetivo de poner a punto protocolos idóneos de aplicar como métodos de propagación y muchas especies forestales, frutales, herbáceas, ornamentales, etc., han tenido respuestas interesantes, mientras que numerosas otras han dado respuestas muy limitadas o completamente ausentes. Sin embargo, un aspecto importante de tener en consideración, está representado por el hecho que las características genéticas de las plantas derivadas de embriogénesis somática se diferencian, en general, en manera más o menos acentuada de aquellas de la planta madre. Las variaciones genéticas de las plantas regeneradas tienen origen en el mismo proceso de re-diferenciación celular, pero pueden también ser influidas por el explante de partida, que en el caso representado por un embrión cigótico inmaduro, que posee una capacidad embriónica más elevada que aquella de los tejidos somáticos de plantas adultas, puede generar una variabilidad aún más acentuada. Por

consecuente, en los casos en los que la uniformidad genética de las plantas es un requisito fundamental, como, por ejemplo, para el material clonal, la embriogénesis somática no parece constituir, al menos actualmente, una válida alternativa a la micropropagación a causa de las consecuencias negativas que podría tener sobre la uniformidad genética de las plantas producidas. En perspectiva, esta técnica podría, sin embargo, constituir un potencial instrumento de propagación para aquellas especies que todavía hoy, sea por tradición, sea por los menores costos de producción, sea porque la variabilidad genética no constituye un problema, son propagadas por semilla. Actualmente, sin embargo, no es posible hacer previsiones sobre la aplicabilidad de tal técnica a las especies arbóreas de fruto, porque algunos importantes problemas, como la escasa respuesta a los tratamientos embriogénicos, la dificultad de los embriones somáticos para convertirse en plantita y, como ya se ha dicho, la correspondencia genética de las plantas producidas, necesitan ser adecuadamente estudiadas y esclarecidas. Totalmente diversa es la situación para aquellas especies forestales en las cuales la variabilidad genética no representa un problema, aunque constituye a menudo un requisito de calidad. El conocimiento hasta ahora adquirido, sobretudo con algunas coníferas, han permitido experimentar tal técnica a nivel viverístico con resultados muy prometedores, tanto que algunas instituciones canadienses, estadounidenses y sudafricanas públicas y privadas han comenzado a utilizar esta técnica para la producción en gran escala de plantitas para reforestación.

## BIORREACTORES Y SEMILLAS ARTIFICIALES

Un ulterior potenciamiento de los métodos de propagación basados en la embriogénesis somática está

representado por la posibilidad de incrementar la eficiencia productiva a través del empleo de biorreactores, gracias a los que es posible monitorear y modificar las condiciones ambientales, nutritivas, hormonales, etc., durante el período de inducción y diferenciación de los embriones somáticos (PACK et al., 2005). Para algunas especies se han obtenido cultivos celulares provistos de una elevada capacidad embriogénica que han permitido producir enormes cantidades de embriones somáticos. Es presumible, por lo tanto, que una ulterior profundización de las investigaciones puede proyectar en un próximo futuro nuevas posibilidades aplicativas en el sector viverístico (TONON et al., 2001).

Un posterior potenciamiento de tal técnica de propagación es la posibilidad de producir "semillas artificiales" (STANDARDI; PICCIONI, 1998), o embriones somáticos encapsulados en una específica matriz enriquecida de nutrientes minerales, hidratos de carbono, vitaminas y hormonas, de modo de constituir un revestimiento idóneo para proteger y conservar los embriones y mantener inalterada su capacidad de germinación (Figura 6). El encapsulamiento, además, confiere a las semillas artificiales una suficiente resistencia a ser manipuladas como las semillas naturales. Investigaciones específicas han demostrado también la posibilidad de obtener semillas artificiales substituyendo el embrión somático con porciones de propágulos de las cuales la nueva plantita se obtendría a través de la formación de raíces y brotes adventicios. La tecnología experimentada para la producción de semillas artificiales proyecta interesantes aplicaciones en el campo viverístico, en particular para aquellas especies en las que la demanda de plantas es elevada, como en el caso de las forestales, y la variabilidad genética no constituye un problema. Tal técnica ha estado ya probada con éxito sobre múltiples especies herbáceas y leñosas.

## INGENIERÍA GENÉTICA

Otra conquista de la investigación está representada por la posibilidad de modificar el comportamiento en la radicación de especies recalcitrantes mediante la ingeniería genética. En general, el método consiste en el empleo de *Agrobacterium rhizogenes* como vector de genes que codifican la rizogénesis y son capaces de aumentar el potencial rizógeno del genotipo en el cual son insertados (RUGINI et al., 1991). Interesantes resultados han sido obtenidos en el manzano, el peral, la actinidia, el álamo, etc.

Todavía los problemas evidenciados en las plantas transformadas son múltiples y la perspectiva de aplicación, en algunos países, son casi inexistentes. Prescindiendo de las limitaciones de la ley italiana que veta el empleo de plantas genéticamente modificadas (O.G.M.), varios aspectos, como por ejemplo, las características genéticas de las plantas transformadas, deben ser aún definidas. De hecho, las tecnologías actualmente en estudio proveen la transferencia de genes a tejido indiferenciado (callo) producido in vitro y la sucesiva regeneración de brotes adventicios y/o embriones somáticos que darán lugar a las nuevas plantitas transformadas. Debido a que en tal proceso la correspondencia genética puede sufrir variaciones más o menos acentuadas, es posible que las nuevas plantas adquieran una mayor capacidad rizógena de los tejidos, pero presente también otros caracteres genéticos diferentes a aquellos de la planta madre. En otras palabras, debe ser verificada, mediante estudios genéticos apropiados, la correspondencia de la planta genéticamente modificada con un determinado genotipo original. Solamente a través de investigación en profundidad podrán ser definidos los límites y la posibilidad de desarrollo de esta tecnología.

## CONSIDERACIONES CONCLUSIVAS

De cuanto ha sido expuesto se puede afirmar que en los últimos 30-40 años las tecnologías aplicadas a la multiplicación de las especies leñosas han atravesado una profunda evolución poniendo a disposición de la industria viverística la posibilidad de producir plantas de elevada calidad genética, sanitaria y agronómica. Gracias al empleo de las hormonas rizógenas, la propagación por estacas mediante las técnicas de la nebulización y del calentamiento basal han dado un gran impulso a tal evolución, en cuanto, respecto a los métodos tradicionales, ha sido posible ampliar el número de las especies propagables agámicamente, mejorándose sensiblemente la eficiencia productiva. Sin embargo, la gran innovación aportada en la técnica de propagación ha sido seguramente la micropopagación, que ha revolucionado todo el sector viverístico, permitiendo propagar plantas de difícil enraizamiento, en tiempo muy breve y espacio reducido, con un óptimo estado sanitario. Un posterior paso adelante ha sido recientemente logrado mediante la embriogénesis somática, que tendrá una siempre mayor aplicación para las especies forestales, mientras la escasa correspondencia genética de las plantas derivadas de embriones somáticos, representa una fuerte limitación para la producción de las plantas arbóreas de fruto. Los biorreactores, las "semillas artificiales" y las aplicaciones de técnicas que se desprenden de la ingeniería genética representan sin duda potenciales instrumentos para el mejoramiento de las técnicas de propagación, pero que necesitan profundos estudios e investigación antes de una eventual futura aplicación.

En definitiva, podemos concluir que actualmente disponemos de diversos métodos de propagación con un nivel de calificación bastante elevado, que pueden satisfacer las actuales exigencias

viveristas y hacer posible la producción de plantas de elevado estándar cualitativo. No obstante, todo esto ¿puede ser suficiente para asegurar el éxito del sector en los años por venir? Nuevos escenarios podrán abrirse solamente a través de profundos estudios y una intensa actividad de investigación, que representan el motor propulsor para la innovación científica y tecnológica de la arboricultura en general y de la propagación de las especies leñosas en particular.

## RESUMEN

La intensa actividad de investigación conducida en estos últimos decenios ha permitido conseguir progresos fundamentales en la innovación científica y tecnológica sobre la multiplicación de las especies leñosas y, en consecuencia, sobre todo el sector viverista. La aplicación de la auxina y de los compuestos similares a auxina representa la primera importante etapa de tal evolución, por cuanto ha permitido esclarecer los mecanismos fisiológicos de la rizogénesis, incrementando sensiblemente el enraizamiento en la propagación por estacas. Contemporáneamente, importantes progresos han sido stati logrados del punto de vista tecnológico con los métodos de propagación de la nebulización y del calentamiento basal. Sin embargo, la gran conquista y la más importante innovación en la multiplicación de las plantas ha sido lograda en los años '70 con el advenimiento del cultivo in vitro a través de la micropropagación, que ha permitido propagar plantas dotadas de escaso poder rizógeno y producir grandes cantidades de material en espacios reducidos y tiempos muy breve.

Biotecnologías que podrían revolucionar ulteriormente la técnica de propagación en un futuro próximo son la embriogénesis somática, las semillas artificiales y la ingeniería genética, que en varios modos se ponen el objetivo

de mejorar la calidad y le producción de las plantas para un mercado viverista siempre más exigente y competitivo. **RF**

AGRADECEMOS LA  
COLABORACIÓN DEL  
SR. GONZALO GIL S., EN LA  
PREPARACIÓN DE ESTE ARTÍCULO.

## BIBLIOGRAFÍA

**DEBERGH, P.C.; ZIMMERMAN, R.H.** Micropropagation. Technology and application. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1991.

**DE PAOLI, G.; ROSSI, V; SCOZZOLI, A.** Micropropagazione delle piante ortoflorofrutticole. Edagricole, Collana Frutticoltura moderna, p. 258, p. 1995.

**FADL, M.S.; HARTMAN, H.T.** Relationship between seasonal changes in endogenous promoters and inhibitors in pear buds and cutting bases and the rooting of pear hardwood cuttings. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, n.91, p.96-112, 1967.

**FIORINI, P.; LORETI, F.** La propagazione del pesco per talea legnosa. Atti del Convegno del Pesco. Verona, Italy, p.483-495, 1965.

**FIORINO, P.; LORETI, F.** Propagation of fruit trees by tissue culture in Italy. Hort Science, n.22, p.353-358, 1987.

**HARTMAN, H.T.; LORETI, F.** Seasonal variation in the rooting of olive cuttings. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, n.87, p.194-198, 1965.

**HESS, C.E.** Characterization of the rooting cofactors extracted from *Hedera helix* L. and *Hibiscus rosa-sinensis* L. Proc. 16th Inter. Hort. Cong. p 382-388, 1962.

**HARTMAN, H.T.; KESTER, D.E., DAVIES, T.F. JR.; GENEVE, R.L.**

Plant Propagation. Principles and Practices. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 2002.

**LORETI, F.; HARTMAN, H.T.** Propagation of olive trees by rooting leafy cuttings under mist. Preceeding of the American Society for Hrticultural Science, n.85, p.257-264, 1964.

**LORETI, F.; PISANI, P.L.** Physiological and technical factors affecting rooting in woody species. XX1st International Horticultural Congress, Hamburg, Vol. 1, pp295-3093, 1982.

**MOHAN JAIN S., GUPTA P.K., NEWTON R.J.** 2000 - Somatic embryogenesis in woody plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

**MORINI, S.; GIOVANNETTI, E.** La micorrizzazione, una biotecnologia per la produzione in vivaio di piante arboree da frutto di elevata qualità. Frutticoltura, n. 12, p. 43-46, 2004.

**PACK, K.Y.; CHAKRABARTY, D.; HAHN E. J.** of bioreactor for large scale production of horticultural and medicinal plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Vol. 81 n.2, p.203-212, 2005.

**RUGINI, E.; PELLEGRINESCHI, M.; MENCUCCINI, M.; MARIOTTI, D.** Increase of rooting ability in the woody species kiwi (*Actinidia deliciosa* A. Chev.) by trasformation whth *Agrobacterium rhizogenes* rol genes. Plant Cell Rept., n.10, p.291-295, 1991.

**STANDARDI, A.; PICCIONI E.** Recent perspectives on synthetic seeds tecnology using nonembryogenic in vitro- derived explants. Int. J. Plant Scie., 159, 968-978.

**THIIMANN, K.V., WENT, F.W.** On the chemical nature of the root-forming hormone. Proc. Kon. Ned. Akad. Wet, n.37, 456-59, 1934.

**TONON, G.; CAPUANA, M.; ROSSI, C.** Somatic embryogenesis and embryo encapsulation in *Fraxinus angustifolia* Vhal. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, Vol.76, n.6, 753-757, 2001.

# Epidemiología y modelos de predicción para el manejo de Venturia del Manzano



## LA IMPORTANCIA DE ESTA ENFERMEDAD SE VE ACRECENTADA

POR LAS EXIGENCIAS DE MERCADO, QUE LIMITAN LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS QUÍMICOS, TANTO EN LÍMITES MÁXIMOS COMO EN NÚMERO DE ESTOS.

### EDUARDO DONOSO

Ing. Agrónomo, M. Sc. Fitonova SPA

### FRANCISCO SUTTER

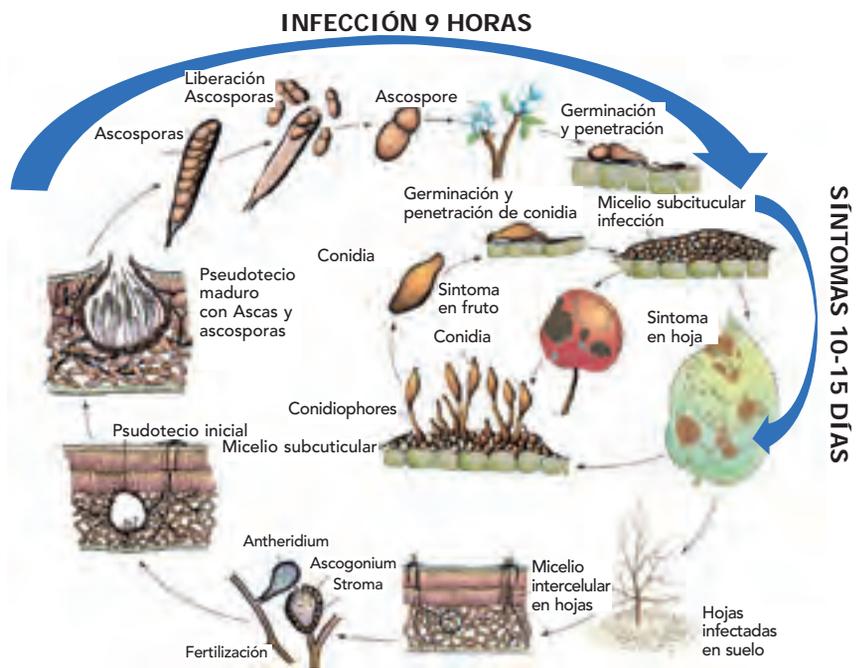
Ing. Agrónomo, Fairtrasa Chile SPA.

La Venturia del manzano, se considera como la enfermedad económica más importante del manzano, en países como Norteamérica, Europa, América del Sur y Asia (Jones *et al.*, 2002). Al igual como lo es en Chile (Alvarez *et al.*, 2004). Pudiendo en caso de no tomarse medidas de control llegar a pérdidas cercanas al 80% de la producción final (Lolas, 2003).

La enfermedad es provocada por el hongo ascomicete *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter., cuya fase asexual corresponde al hongo *Spilotea pomi* Fries (Lolas, 2003).

La importancia de esta enfermedad, se ve acrecentada por las exigencias de mercado, que limitan la presencia de

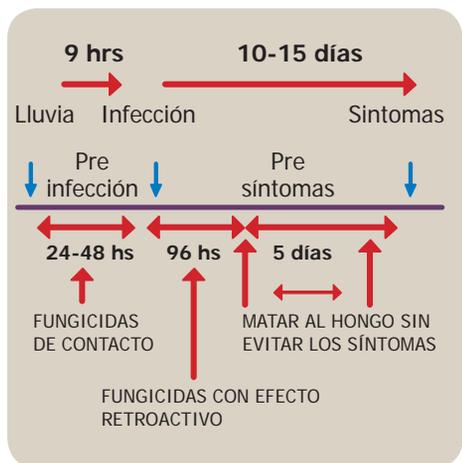
residuos de plaguicidas químicos, tanto en límites máximos como en número de estos, sumándose además la posibilidad de aparición de resistencia, existiendo referencias a nivel mundial de resistencia a triazoles (fenamirol, metconazole, miclobutanil, propiconazole, triticonazole), dodine, estrobilurinas y anilopyrimidinas (Beresford *et al.* 2012; Viljanen-Rollinson *et al.* 2013; Larsen *et al.* 2013; FRAC 2013). En Chile no se ha reportado resistencia a estrobilurinas ((kresoxim-methyl) (Sallato *et al.* 2006; Henríquez, 2011) evaluó la sensibilidad de *Venturia inaequalis* a distintos fungicidas como el Difenoconazole, Fenarimol, Mancozeb y Pirimetanil, donde observaron cepas de *Venturia inaequalis* resistente a estos fungicidas. En la región del Maule, se evaluó la resistencia de *Venturia inaequalis* al fungicida Difenoconazole, el cual evidencio una pérdida de sensibilidad (Amaro, 2012). Una de



**Figura 1.** Ciclo de la Sarna del Manzano producida por *Venturia inaequalis*

las medidas para evitar la resistencia de razas de *Venturia inaequalis* al control químico, es alternando o mezclando los fungicidas de distintas familias químicas y de modo de acción (Lolas, 2003), lo que incrementa el número de residuos presentes en la fruta.

Una de las principales características de *Venturia* del manzano, está dada por su ciclo de vida, el que incluye tanto una fase sexual, como una asexual, lo que genera complejidades en su manejo. El ciclo sexual se inicia con la formación de pseudotecios, los que se originan por las infecciones tardías en hojas, las que al caer el suelo, dan inicio a la formación de cuerpos fructíferos del hongo, de color oscuro a negro, los cuales son esféricos, durante el invierno se forman las ascas o inoculo primario, entre 50-100 por pseudotecio, constituida por ocho esporas, de color verde amarillenta a marrón, las ascosporas están formadas por dos células desiguales (Jones et al., 2002). Una vez que estas ascosporas están maduras, lo que puede determinarse por análisis microscópico de los pseudotecios, siendo las temperaturas óptimas para la maduración de las ascosporas de 16-18 °C. Las ascosporas continúan su maduración y se expulsan durante un periodo de 5-9 semanas. El período de mayor expulsión se entre botón rosado



**Figura 2.** Momentos de control de *Venturia* manzano en función de eventos epidemiológicos de la infección en manzano.

y plena flor y disminuye con la caída de pétalos (Cruz, 2003), siendo esto variable según las condiciones existentes durante el invierno. La liberación de ascosporas maduras, se produce con una lluvia de a lo menos 0,2 mm y con la luz de día (Alvarez et al., 2004), esta puede realizarse inmediatamente después que las hojas son mojadas o demorarse una o más horas, el tiempo de expulsión de las ascosporas también puede ser variable, entre una y varias horas de duración.

Cuando la ascospora llega a la hoja, se

produce la germinación de éstas, donde se forman los apresorios y haustorios, para lo cual requiere de una película de agua. La tasa de germinación y la formación de la estructuras de penetración de tejidos vegetal es proporcional partiendo a los de los 5 °C con óptimo a los 20°C (Lolas, 2003). Ocurrida la infección, el hongo coloniza subcuticularmente la hoja, el período de incubación para la aparición de síntomas va de 9 días a una temperatura promedio de entre 17-24 °C a 17 días si la temperatura es de 9 °C (Jones et al., 2002), esto es sumamente relevante, porque solo después de 2 semanas es posible evaluar si el programa de control fue exitoso (Figura 1).

Una vez que el hongo ha penetrado la cutícula, se ramifica a través del estroma subcuticular, produciendo conidióforos y conidios (Jones et al., 2002). Los conidios o esporas asexuales que son las encargadas de producir las infecciones secundarias (Cruz, 2003). Estos son liberados y llevados por el viento (Mondino, 2001). Cabe señalar que la infección por conidios necesita menor tiempo de hoja mojada. Se estima 2/3 del tiempo necesario para la infección por ascosporas. Esto es importante, ya que la existencia de rocíos puede ser suficiente para que ocurran estas infecciones (Jones et al., 2002). (Figura 1).

Una vez ocurrida la infección y aparición de los primeros síntomas los que aparecen en el envés de sépalos y hojas jóvenes, produciéndose manchas de color verde oliváceas de bordes indefinidos, que luego se tornan negras que corresponde a la producción de conidios. Al abrir la yema, el envés de la hoja es la parte expuesta y es común que las primeras manchas aparezcan ahí. Sin embargo en posteriores ataques ambas caras de las hojas se manchan (Figura 1). En ataques severos puede producirse defoliación (Mondino, 2001) y observarse síntomas en peciolo, flores, fruto, pedicelo y con menos frecuencia en brotes jóvenes (Jones et al., 2002).

La edad de la hoja y fruto también influyen en la infección; donde hojas más jóvenes son susceptibles en ambas caras, sin embargo, a medida que estas se desarrollan, se hacen más resistentes en la parte superior. En cambio el envés

permanece susceptible todo el tiempo, por lo que los ataques debido a lluvias en otoño, afectan a esta cara y contribuyen a la formación de los pseudotecios (Lolas, 2003).

En los frutos la infección inicial causa la deformación, aparece en forma sarnosa, aterciopeladas de un color verde olivo (Agrios, 2005), con el tiempo las manchas se endurecen (Figura 2), las cuales se encostran, colocándose de color negro al esporular. (Mondino, 2001). Las infecciones a fines de temporada, en postcosecha, son distintas a las ocurrida en terreno, ya que son de menor tamaño y se pueden encontrar dispersa en la superficie de la fruta, estos se les llama "pin-point scab" (Lolas, 2003)

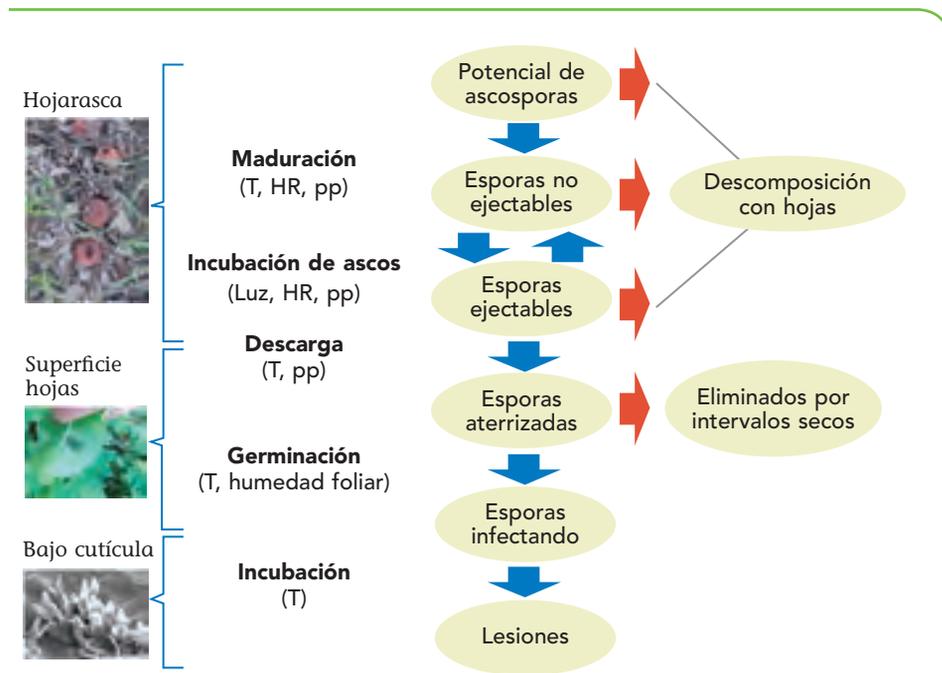
Una vez iniciado el proceso de caída de hoja, el hongo se vuelve saprofito, donde los micelios se alimentan de los tejidos del huésped, en este caso la hojas infectadas durante la temporada, aparece la parte sexual del ciclo, diferenciándose en órganos masculinos (anteridios) y femeninos (ascogonios) (Agrios, 2005). Estos al unirse conforman los pseudotecios. Dada esta reproducción sexual se incrementa la diversidad genética del patógeno, con el consiguiente aumento en el riesgo de aparición de resistencia a fungicidas.

El control químico está basado en distintos fungicidas, los que se utilizan en función al momento de acción, relacionado a su vez con el proceso de infección.

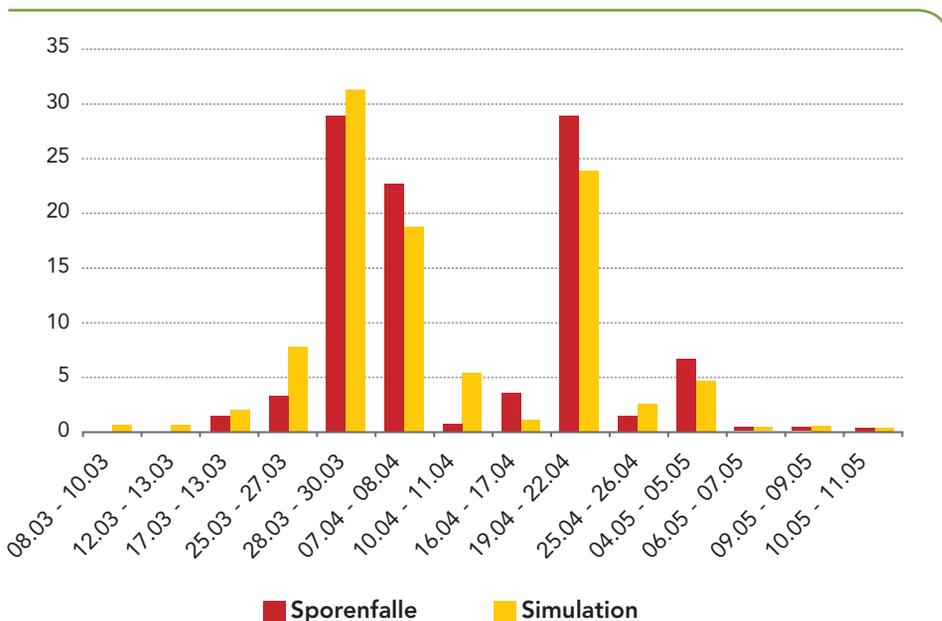
De esta forma tenemos un momento pre infección, los que se aplican previo a la generación de condiciones climáticas (lluvia o agua libre) y descarga del inoculo, basando en su acción de contacto y efecto residual el control de las ascosporas o conidios, con el fin de evitar su germinación o eliminación de estas previo a la infección de los tejidos de las plantas (esto en base a la relación temperatura y follaje mojado). Estos pueden utilizarse en forma calendario realizando aplicaciones periódicas en relación al tiempo de protección asignado al producto o bien en base a modelos de pronóstico dinámicos o empíricos, punto que abordaremos en más detalle más adelante.

El segundo momento de acción, es la acción retro activa, para lo cual se utilizan productos sistémicos, cuya finalidad es

**Grafico 1.** Etapas más relevantes y cubren todos los aspectos del desarrollo de *Venturia inaequalis*



**Grafico 2.** Comparación entre liberación observada de ascosporas (Barra Roja) de *Venturia* y la liberación predicha por el modelo RIMpro (Barra amarilla).



evitar que el hongo que ya ha infectado la hoja o fruto del manzano, sea capaz de generar síntomas, siendo hasta ahora el periodo máximo de posibilidad de uso de estos productos hasta 96 horas posterior a la infección (Figura 2).

Pasado este periodo, si no fue posible

realizar las aplicaciones necesarias, se utilizan productos de contacto, los que son posibles de utilizar hasta 5 días con posterioridad a la infección, siendo el objetivo de esta aplicación el evitar que la *Venturia* sea capaz de esporular y liberar conidios para una infección secundaria

(Figura 2), pero sin evitar el daño causado a los tejidos ya infectados. El nivel de control logrado solo será posible observar pasado 10 a 15 días, con posterioridad al evento de infección, por lo que es crítico poder actuar en forma oportuna en el control de esta enfermedad.

## CONTROL CULTURAL

Una medida a considerar limpiar el huerto, eliminando restos de podas, frutos que se encuentran en el suelo o en el árbol, retirar todo aquellos que sea una fuente de inóculos (Barros, 2008)

Aplicaciones de úrea en postcosecha y caída de hoja, beneficia a los organismos saprófitos, los cuales aceleran la descomposición de las hojas que se encuentran en el suelo (Valenzuela, 2003). Las aplicaciones de ácidos húmicos, incrementan la flora microbiana del suelo, esto en desmedro de sustratos, lo cual se debe a la relación carbono nitrógeno que es favorable para el crecimiento de los microorganismos beneficiosos, lo cual limita el desarrollo de la fase sexual y formación de pseudotecios (Roco, 2011)

## CONTROL BIOLÓGICO DE VENTURIA INAEQUALIS

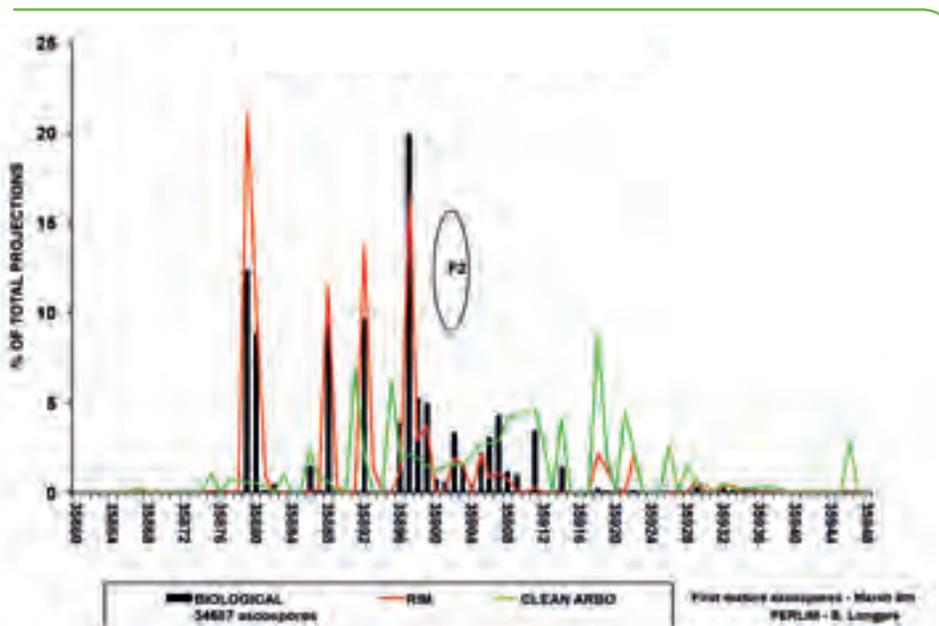
La estrategia actual de control biológico para *Venturia* del manzano, es destruir el inóculo primario (Phillion *et al.*, 1997)

El uso de *Athelia bombasina* y *Chaetomium globosum*, hongos de características antagónicas sobre *Venturia* del manzano, que al ser aplicados a las hojarasca, disminuyen la producción de ascosporas (Agris, 2005, Heye *et al.* 1982). *Chaetomium globosum*, tiene distintos modos de acción contra hongos fitopatógenos, competencia, micoparasitismo y antibiosis (Aggarwal *et al.*, 2003)

Evaluaciones in-vitro con *Diplodia sp.*, *Phoma sp.*, *Coniothyrium sp.*, mostraron características de control, los cuales inhibieron la formación y producción de un 98 % ascosporas, (Phillion *et al.*, 1997).

Aplicaciones de suspensión con *Trichoderma* a las hojas de las ramas de árbol de manzano y las que se encontraban en el suelo bajo el dosel, lograron colonizar la

**Gráfico 3.** Comparación de dos modelos de predicción de liberación de ascosporas, en negro se ve la curva de liberación real, mientras que en rojo RIMpro y verde Clean Arbo.



hojarasca y un control total de ascosporas. Se presenta como una alternativa, en el control del inóculo primario, en *Venturia* del manzano (Torres *et al.*, 2002).

## EMPLEO DEL SISTEMA DE MODELACIÓN DINÁMICA RIMpro VENTURIA EN CHILE

El objetivo principal en la asesoría y en la toma de decisiones en protección vegetal es la capacidad de predicción de como una situación actual se desarrollará. Toda la investigación en protección vegetal sirve este único propósito, incrementar la predictibilidad del desarrollo en sistemas agro-ecológicos.

A la vez, los objetivos y ámbitos de aplicación de la protección vegetal han cambiado desde el incremento y estabilización de la producción, mejoramiento de la vida de pos cosecha y aumento de la calidad del producto, a un contexto más amplio y responsable. Hoy en día, una efectiva protección vegetal debe alcanzarse con el menor impacto posible sobre el medio ambiente y dejando sin residuos de productos químicos al producto final, además de ser lo más económico posible para el productor.

Un modelo de predicción de poblaciones

que funcione adecuadamente permiten concentrar los esfuerzos de control en los momentos en que el agente causante del problema está activo y no desperdiciar aplicaciones en momentos en que no existe riesgo de infección o daño, mejorando la seguridad en el control, dado que los momentos críticos son identificados y se concentran en ellos el esfuerzo controlador.

Existen principalmente dos aproximaciones de modelos predictivos, los empíricos y los dinámicos. La mayoría, si no todos, de los modelos presentes hasta ahora en el país responden a los primeros.

### Modelos empíricos

Se basan en análisis de regresión matemática de datos tomados en terreno, sin intentar una comprensión del proceso subyacente. El valor explicativo es limitado. Predice situaciones promedio del lugar donde las observaciones fueron realizadas, por lo que su aplicación es restringida.

### Modelos dinámicos

Los modelos de simulación dinámica se construyen de sub-procesos, imitando el desarrollo biológico de la mejor manera como lo comprendemos. Si toda la

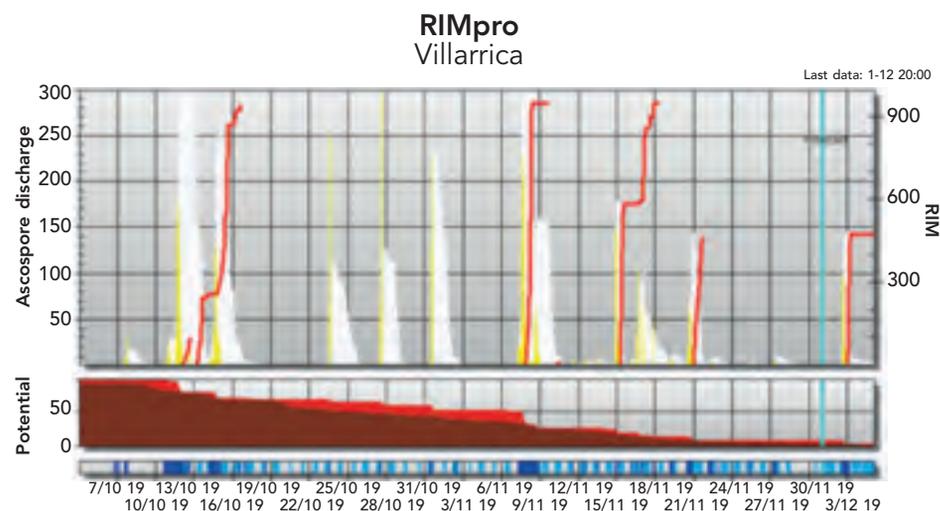
información relevante es conocida y ha sido integrada, los modelos dinámicos de poblaciones pueden ser aplicables para el mismo organismo bajo variadas condiciones geográficas y climáticas.

### CASO DE VENTURIA INAEQUALIS EN MANZANO

En relación al riesgo económico, número de aplicaciones, costos del control, efectos ambientales y residuos en la fruta, el combate de las ascosporas de *venturia inaequalis* es el principal problema fitosanitario en la producción de manzanas en Chile y el mundo. Desde la década de los 70 en adelante, han existido numerosos esfuerzos para desarrollar modelos predictivos para mejorar su control, estando su uso hasta la década de los 90 concentrado mayormente a la academia e investigación. Desde la década de los 90 en adelante, se ha desarrollado una segunda generación de modelos apoyados en la programación en computadores personales. Esto ha permitido racionalizar de forma significativa el uso de pesticidas y disminuir los costos de producción. En el caso específico de la sarna del manzano, su control actualmente en Europa está basado en el uso de productos de contacto, con apoyo de modelos, dejándose el empleo de fungicidas sistémicos solo para situaciones extremas. Esto se debe al desarrollo de resistencias y por ende el incremento de la inseguridad en su empleo.

Uno de los modelos predictivos más estudiados, perfeccionados y ampliamente utilizado en la producción de peras y manzanas de Europa, Australia, Canadá y recientemente en Chile, ha sido RIMpro venturia, desarrollado en Holanda por Marc Trapman. RIMpro, en inglés "Relative Infection Measure" (Medida de Infección Relativa), procesa la información capturada en estaciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, precipitación y humedad foliar) y la proporcionada por pronósticos climáticos locales (por ejemplo [www.yr.no](http://www.yr.no)), procesándola para determinar la intensidad de los procesos infecciosos ocurridos y prediciendo su desarrollo futuro. Todo ello en intervalos de 30 minutos a 1 hora. De esta forma, constituye una potente herramienta en

**Gráfico 4.** Comparación de número y momento de aplicaciones para el control de Venturia, bajo modelo tradicional de manejo en Villarrica, versus el número de aplicaciones realizadas basado en la utilización del modelo de predicción.

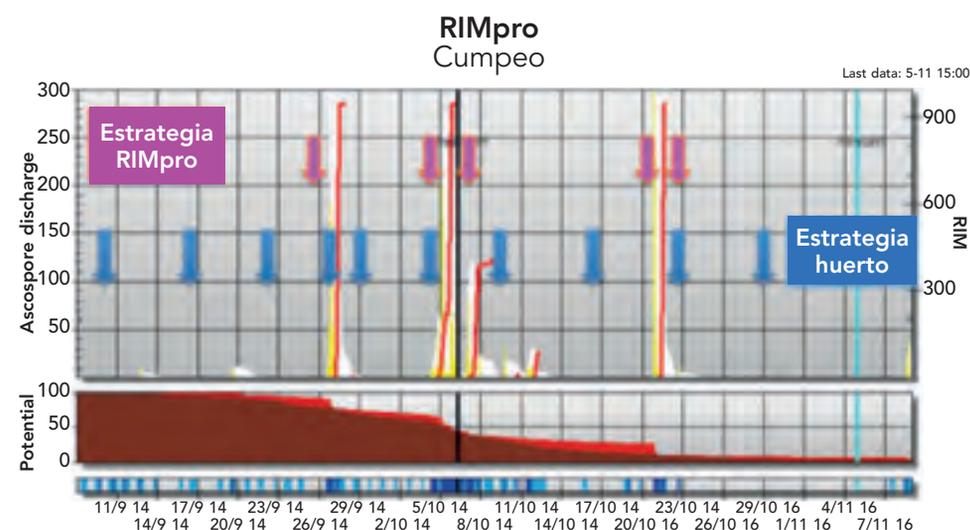


**Gráfico superior:** en amarillo descargas de ascosporas. En rojo desarrollo infección. Línea celeste indica el tiempo presente (1/12 a las 20 horas).

**Gráfico central:** en café % potencial de ascosporas inmaduras en hojarasca. En rojo ascosporas maduras, listas para ser descargadas.

**Gráfico inferior:** en celeste rocío. En azul precipitación.

**Gráfico 5.** Comparación de número y momento de aplicaciones para el control de Venturia, bajo modelo tradicional de manejo en Cumpeo, versus el número de aplicaciones realizadas basado en la utilización del modelo de predicción.

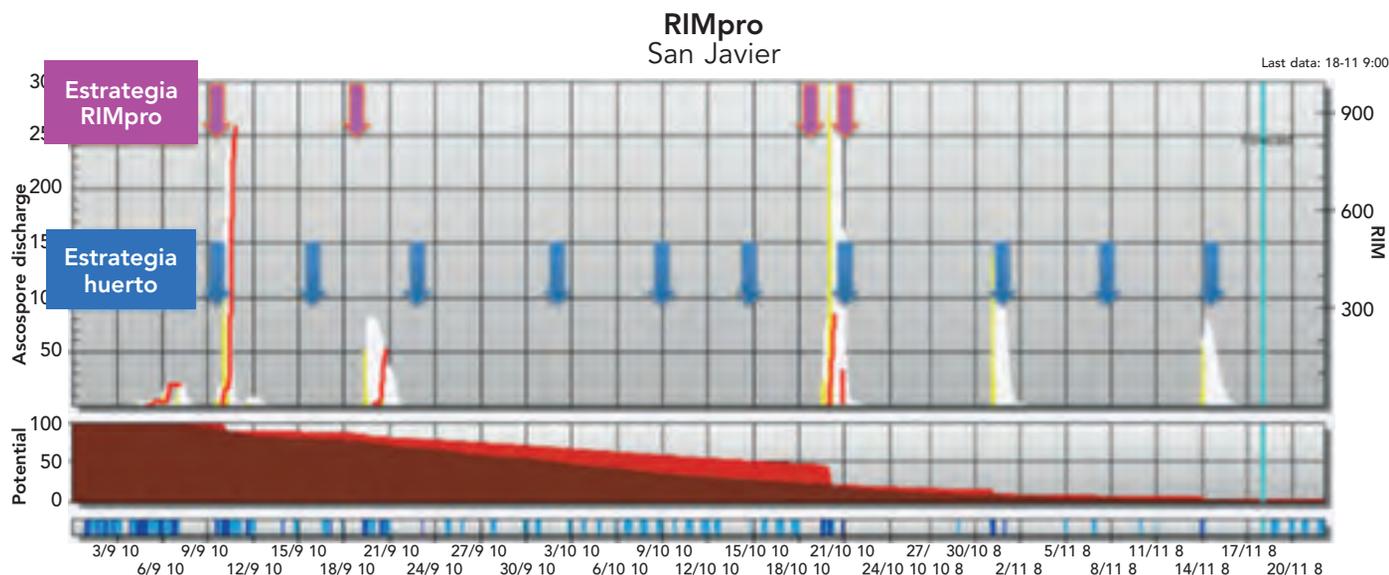


tiempo real para el mejoramiento de la seguridad en el control del hongo. El desarrollo de este sistema de modelación dinámica tiene su origen en el año 1993, cuando apareció la primera versión. En base a un trabajo cercano a la práctica, la investigación y asesores técnicos de toda Europa, ha sido constantemente perfeccionado. Basado en el modelo para *Venturia inaequalis*, Marc Trapman

ha desarrollado nuevas aplicaciones para *Cydia pomonella*, *Erwinia amylovora* y *Plasmopara viticola*.

RIMpro Venturia se divide en sub-procesos, que constituyen las etapas más relevantes y cubren todos los aspectos del desarrollo del hongo (gráfico 1). Integra modelos de maduración de esporas, descarga e infección. Cada sub-proceso se describe por medio de una ecuación

**Gráfico 6.** Comparación de número y momento de aplicaciones para el control de *Venturia*, bajo modelo tradicional de manejo en San Javier, versus el número de aplicaciones realizadas basado en la utilización del modelo de predicción.



obtenida en la literatura y su resultado es usado como input para el siguiente sub-proceso. Por ejemplo, el N° de esporas maduras influencia la magnitud de descarga potencial en un momento determinado durante un período de lluvias. Además, la intensidad de la descarga durante la lluvia es influenciada por la temperatura y la presencia de luz diurna, por lo que la descarga simulada se actualiza consecuentemente. El mismo enfoque se utiliza para la infección. La sobrevivencia de esporas y la infección está condicionada por la presencia de humedad y la temperatura, y el desarrollo de cada ciclo de infección refleja las condiciones encontradas para cada evento de descarga.

RIMpro-venturia ha sido evaluado desde hace más de 15 años por diversos actores del ámbito académico y práctico. Sus pronósticos de descargas de esporas han sido comparados con los datos obtenidos en capturas en terreno (gráficos 2 y 3), siendo evidente su buen desempeño en la identificación de los períodos críticos para su control. Una detallada evaluación de los diferentes componentes (sub-procesos) de RIMpro determinó que el valor de la Medida de Infección Relativa (RIM), fue el parámetro individual más asertivo para predecir la incidencia de *Venturia inaequalis* (Vincent et al en "The 10th International Epidemiology Workshop", Geneva, New York, 2009).

En Chile, realizamos las primeras experiencias con RIMpro en Villarrica el año 2011, básicamente ajustando aspectos técnicos relacionados a la toma de datos y funcionamiento del modelo para el hemisferio sur. En el gráfico 4 mostramos una visión general de la temporada de

infección primaria, desde principios de octubre hasta el principio de diciembre, donde se observan 10 descargas importantes de ascosporas, de las cuales 5 derivaron en eventos de gran potencial infeccioso. Las otras 5 no resultaron peligrosas debido a que no se cumplieron las

Época de Aplicación	Item	CONVENCIONAL (\$/ ha)	RimPro (\$/ ha)
10 de septiembre	Dodine 65 WP	\$ 9.269	\$ 9.269
16 de septiembre	Dodine 65 WP	\$ 9.269	
19 de septiembre	Dodine 65 WP		\$ 9.269
23 de septiembre	Mancozeb + Topas	\$ 22.779	
02 de octubre	Clarinet	\$ 25.281	
09 de octubre	Caldera + Captan	\$ 35.488	
14 de octubre	Mancozeb	\$ 8.618	
19 de octubre	Captan		\$ 22.622
21 de octubre	Dodine 65 WP		\$ 9.269
21 de octubre	Mancozeb	\$ 8.619	
02 de noviembre	Topas	\$ 14.161	
07 de noviembre	Consist Full	\$ 29.398	
15 de noviembre	Nustar	\$ 7.163	
	Aplicaciones	\$ 100.000	\$ 40.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 270.045</b>	<b>\$ 90.429</b>
	N° de Ingredientes activos	11	2
	N° de aplicaciones	10	4
	Fecha última aplicación	15 de noviembre	21 de octubre

condiciones requeridas para la infección. En año 2012, en la localidad de Cumpeo, cerca de Molina, se llevó a cabo la primera validación práctica de RIMpro en Chile. El pronóstico proporcionado por el modelo fue puesto en práctica en un cuartel del huerto, comparándose la estrategia normal del huerto para controlar *Venturia* con la estrategia basada en RIMpro (gráfico 5). En la estrategia normal, el huerto recibió 10 aplicaciones de fungicidas de contacto, sistémicos y combinaciones de ambos, y la estrategia RIMpro recibió 5 aplicaciones de fungicidas de contacto. El control, en ambas estrategias demostró ser completamente efectivo y no se encontraron síntomas visibles de infecciones por *Venturia inaequalis* en ninguno. Durante la temporada 2013, en San Javier, se realizó nuevamente una comparación entre las estrategias normal y basada en el pronóstico de RIMpro. Como se observa en el gráfico 6, la estrategia normal realizó 10 aplicaciones, contrastadas con las 4 basadas en RIMpro. Tampoco hubo incidencia visible de *Venturia* en ambas estrategias. Esto significó un ahorro de \$179.000 por hectárea en el año 2013.

El empleo de RIMpro como un apoyo a la toma de decisiones para el control de *Venturia inaequalis* ha demostrado ser eficaz en la disminución del número de aplicaciones requeridas para controlar al hongo, sin disminuir la eficacia del control. Esto contribuye al desarrollo de una política de mejoramiento continuo de un fruticultor profesional, tendiente a un manejo integrado de plagas y enfermedades, que permita la obtención de un producto acorde a los requerimientos del mercado, ahorrando costos y disminuyendo los efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud de los trabajadores. El ahorro de aplicaciones, el uso de productos más seguros (sin desarrollo de resistencias), la disminución del número de ingredientes activos empleados para el manejo fitosanitario, son aspectos relevantes en la mantención y el mejoramiento de la competitividad de la industria. Esta estrategia permite a su vez colaborar con uno de los desafíos de nuestra agricultura en la actualidad, cual es la racionalización del uso de pesticidas en la agricultura.

En el futuro esperamos validar RIMpro *Cydia* y promover el desarrollo de RIMpro Oidio de la vid. **RF**

## BIBLIOGRAFÍA

- AGGARWAL, R. TEWARI, A. SRIVASTARA, K. & SINGH, D. 2004.** Role of antibiosis in the biological control of spot blight *Cochliobolus sativus* of wheat *Chaetomium globosum*. Kluwer Academic Publishers.
- AGRIOS, G. 2005.** Plant Pathology. Fifth edition. EE:UU. Editorial Elsevier. 922P.
- ALVAREZ, M. PINILLA, B. Y HERRERA, G. 2004.** Enfermedades del Manzano. Santiago, Chile. Instituto de investigación agropecuarias (INIA), Ministerio de agricultura. 71p.
- AMARO, C. 2012.** Evaluación in vitro de la sensibilidad de un aislado puro de hongo *Venturia inaequalis*, proveniente de la región del Maule, ante la acción de distintos fungicidas usados para su control. Memoria de título. Talca, Chile. Universidad de Talca. 32 p.
- BERESFORD, P.J. WRIGHT, P.N. WOOD, N.M. PARK, N.J. LARSEN AND B.M. FISHER. 2013.** Resistance of *Venturia inaequalis* to demethylation inhibitor and dodine fungicides in four New Zealand apple-growing regions. *New Zealand Plant Protection* 66: 274-283.
- CRUZ, M. 1999.** Producción de pseudotecios y ascos de *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. En tres cultivares de Manzano. *Agricultura Técnica*. Volumen 59 (número 3).
- CRUZ, M. 2003.** Mejoramiento genético en manzano. *Tierra Adentro*. Publicaciones INIA Quilamapu.
- CRUZ, M. 2003.** El Oídio y la Sarna del manzano. *Revista Tierra Adentro*. Publicaciones INIA Quilamapu.
- FRAC 2013.** Fungicide Resistance Action Committee. [www.frac.info/publication/ahang/FRAC%20Code%20List%202013-inal.pdf](http://www.frac.info/publication/ahang/FRAC%20Code%20List%202013-inal.pdf). Hernández, F. Berlanga, A. Guerrero, E. y Sánchez, A. 2002. Determinación de resistencia de la roña del manzano *Venturia inaequalis* al Benomilo en Arteaga, Coahuila, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Volumen 20, número 001. 40-44pp.
- HENRÍQUEZ, S., SARMIENTO, V. AND ALARCÓN, C. 2011.** Sensitivity of *Venturia inaequalis* Chilean isolates to Difenconazole, Fenarimol, Mancozeb and Pyrimethanilthe. *Chilean Journal of Agricultural Research*. Volumen 71, 39-44.
- HEYE, C. AND ANDREWS, J. 1982.** Antagonism of *Athelia bombacina* and *Chaetomium globosum* to the Apple Scab Pathogen, *Venturia inaequalis*. *The American Phytopathological Society*.
- JONES, A. Y ALDWINKLE, H. 2002.** Plagas y enfermedades del manzano y del peral. España. Ediciones Mundi- Prensa. 99p
- LARSEN NJ, BERESFORD RM, WOOD PN, WRIGHT PJ, FISHER BM 2013.** A synthetic agar assay for determining sensitivity of *Venturia inaequalis* to anilopyrimidine fungicides in New Zealand apple orchards. *New Zealand Plant Protection* 66: 293-302.
- LOLAS, M. 2003.** *Venturia* en Manzanos. Pomáceas [boletín técnico]. Volumen 3: (numero 5).
- MONDINO, P. 2001.** Sarna del Manzano. *Venturia inaequalis*. Uruguay. Universidad de la República. Red Académica Uruguay. Cátedra de Fitopatología. 19p
- PHILION, V. CARISSE, O. AND PAULITZ, T. 1997.** In the evaluation in vitro isolation of fungi by its ability to influence the rheology of the sheet, the production of pseudotecas and ascospore *Venturia inaequalis*.
- POBLETE, J. Y LATORRE, B. 2001.** Efecto preventivo y curativo de los fungicidas inhibidores de esteroides en el control de *Venturia inaequalis* del manzano. *Revista latinoamericana de ciencia de la agricultura. Ciencia e Investigación Agraria*. Volumen 28, 145-150 p.
- ROCO, C. 2011.** Evaluación de la degradación de hojarasca de manzano infectadas con *Venturia inaequalis* por un ácido húmico de alta concentración. Memoria de Título para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Talca, Chile, Universidad de Talca.
- SALLATO, B. A. LATORRE, AND G. AYLWIN. 2006** First Report of Practical Resistance to QoI Fungicides in *Venturia inaequalis* (Apple Scab) in Chile. *Plant Disease* 90:3, 375-375.
- TORRES, A. BARRIENTOS, L. GUTIÉRREZ, A. GIDEKEL, M. 2002.** Control biológico de *Venturia* o sarna del manzano. *Revista Tierra adentro*. Frutales y viñas. (Número 45). 16-19pp.
- VALENZUELA, E. 2003.** Evaluación de la efectividad fúngica de la urea sobre la liberación de ascosporas de *Venturia inaequalis* desde hojarascas de manzano. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Talca, Chile. Universidad de Talca. 13p.
- VILJANEN-ROLLINSON SLH, THOMPSON S, KEENAN S, BULMAN S, WRIGHT PJ, WOOD PN, PARK NM, BERESFORD RM 2013.** Sensitivity to QoI fungicides in New Zealand isolates of *Venturia inaequalis*. *New Zealand Plant Protection* 66: 284-292.

# Acumulación de nutrientes en frutos de kiwi: estudio prospectivo en un huerto comercial



## JUAN HIRZEL CAMPOS

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Dr.  
Investigador Especialista en Fertilidad de Suelos y Manejo Nutricional de Plantas.  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

ELEMENTOS ASOCIADOS AL CALIBRE, COMO NITRÓGENO (N) Y POTASIO (K), Y A LA FIRMEZA, COMO EL K Y CALCIO (CA), O AL EXCESO DE VIGOR, COMO EL NITRÓGENO (N), SON CADA VEZ MÁS AJUSTADOS EN LOS PROGRAMAS DE MANEJO NUTRICIONAL

## INTRODUCCIÓN

El manejo nutricional de los huertos de Kiwi es uno de los factores de mayor importancia en la productividad de cada huerto y en la calidad de la fruta. Elementos asociados al calibre, como nitrógeno (N) y potasio (K), y a la firmeza, como el K y calcio (Ca), o al exceso de vigor, como el nitrógeno (N), son cada vez más ajustados en los programas de manejo nutricional, en función del conocimiento existente, tanto a nivel nacional como internacional (Clarke et al., 1986; Hirzel, 2008; Smith et al., 1988). Adicionalmente, durante el periodo de crecimiento de la fruta se pueden realizar ajustes de manejo nutricional orientados a potenciar las características de calidad, para lo cual es necesario conocer la dinámica de acumulación de nutrientes en frutos, y los momentos de mayor y menor

consumo-acumulación por los frutos, de forma tal de incrementar o reducir dosis en diferentes etapas durante su periodo de crecimiento. En este sentido y como una forma de contribuir a estas interrogantes se realizó un estudio de seguimiento de evolución en la concentración y acumulación de nutrientes en frutos de kiwi de la variedad Hayward en un huerto comercial de la zona de Romeral. Los elementos estudiados fueron el N, fósforo (P), K, Ca y magnesio (Mg). A su vez, se determinó la acumulación de Peso fresco (PF) y peso seco (PS) de estos frutos.

## METODOLOGÍA

Este estudio fue realizado en el predio Ampurdán, ubicado en la zona de Romeral, región del Maule, durante

la temporada 2012-2013, en un huerto en plena madurez productiva regado mediante microaspersión.

El suelo es de textura franca a franco limo arenosa, semi profundo, con adecuados niveles nutricionales corregidos previamente de acuerdo a la metodología propuesta por Hirzel (2008).

El rendimiento comercial del huerto evaluado ha fluctuado entre 50 a 65 ton ha<sup>-1</sup> en los últimos 5 años, cuya cosecha comercial se realiza con un contenido de materia seca en frutos mínimo de 15,5% según la metodología de determinación utilizada por la industria.

La fertilización total empleada, en función del rendimiento esperado y de las propiedades químicas del suelo, fue la siguiente: 0 kg de N; 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 450 kg de K<sub>2</sub>O; 80 kg de CaO; 35 kg de MgO; y 2 kg de Zn, con aplicaciones foliares de Ca durante todo el periodo

de crecimiento de frutos, y de K durante los 2 meses previos a cosecha.

Desde el estado fenológico de floración y hasta cosecha, se colectaron muestras de frutos cada 15 días, considerando un tamaño de muestra variable, desde 100 a 50 frutos, según el peso de los frutos, para conseguir una cantidad de materia seca de al menos 150 gramos, que permitiera realizar los análisis químicos correspondientes. Las muestras de frutos fueron sometidas a secado en horno a 70°C por un periodo de 5 días, dada la dificultad de secado de estos frutos en particular, con el objetivo de dejar el material en condiciones de molienda para análisis de nutrientes. Los nutrientes analizados fueron N, P, K, Ca y Mg. Además, se determinó la producción de materia seca en los frutos para cada momento de evaluación, que asociada a la concentración de nutrientes permitió determinar la acumulación de dichos nutrientes en los frutos.

Los análisis de tejidos se realizaron en el laboratorio de análisis de suelo y tejidos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilmapu, Chillán.

## RESULTADOS

Los resultados de acumulación relativa de peso fresco (PF) y peso seco (PS) en frutos se presentan en la figura 1. La evolución de la concentración de nutrientes en los frutos se presenta en las figuras 2 y 3, en tanto que la acumulación de nutrientes por fruto se presenta en las figuras 4 y 5.

## DISCUSIÓN

La acumulación relativa de PF y PS en los frutos de kiwi presentó un aumento gradual a través del tiempo (Figura 1), con un comportamiento sigmoideo más marcado en la acumulación de PF, modulado hacia una acumulación lineal en los dos tercios finales del crecimiento

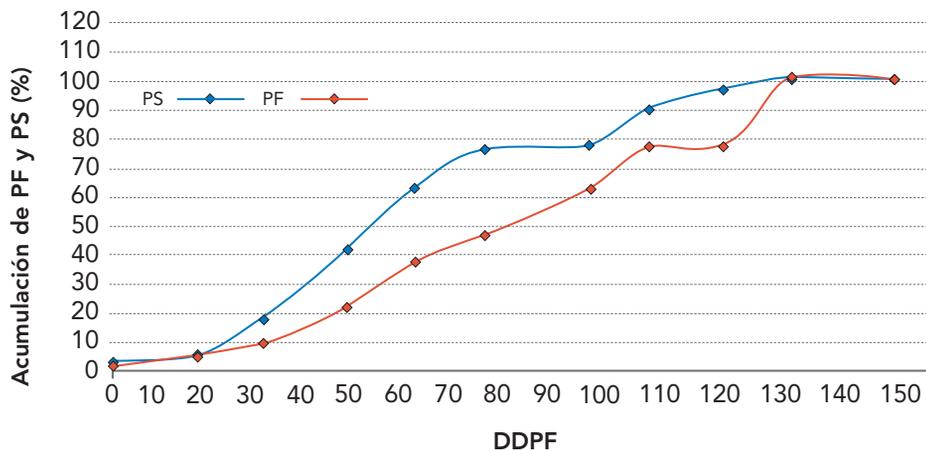
de frutos para la acumulación de PS, lo cual es generado por el aumento en la concentración de MS, desde los 50 días después de plena flor (DDPF) hasta cosecha (Figura 1). En términos relativos, la acumulación de MS (peso seco acumulado del fruto), presentó un 10, 48 y 76% de su total, cuando se había cumplido un 25, 50 y 75% del periodo de desarrollo del fruto, respectivamente (Figura 1), generando una tasa de acumulación similar al desarrollo porcentual del fruto, excepto para la primera fase de crecimiento (fase de división celular y poca elongación de células).

La concentración de N en frutos de kiwi (Figura 2) presentó una dilución marcada hasta los 45 DDPF, y posteriormente un incremento paulatino hasta los 90 DDPF, manteniendo una concentración estable desde los 90 DDPF hasta la cosecha, llegando a una concentración de 104 mg/100 gr de FF al momento de cosecha. La concentración de K en frutos de kiwi (Figura 2) presentó muchas variaciones durante el periodo de crecimiento de frutos, con una dilución posterior a la cuaja y un aumento paulatino en la segunda mitad del periodo de crecimiento de frutos, lo cual es relacionado a la elongación de frutos y acumulación de sólidos solubles, logrando una mayor densidad hacia el final del periodo de crecimiento (previo a cosecha). La concentración de K en los frutos al momento de cosecha llegó a 238 mg/100 gr de FF.

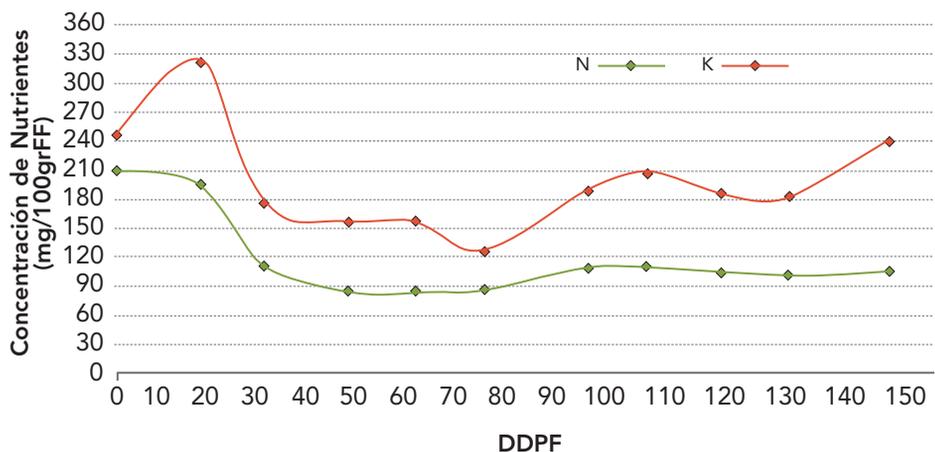
La concentración de P y Mg en los frutos (Figura 3) presentó una dilución desde inicio de cuaja hasta después de la cuaja de flores (15 a 40 DDPF), y posteriormente las concentraciones de estos nutrientes presentó poca variación hasta el momento de cosecha, con leves incrementos paulatinos en la concentración de P. Las concentraciones de P y Mg en frutos al momento de cosecha fue de 23 y 11 mg/100 gr de FF, respectivamente. Por su parte la concentración de Ca en los frutos (Figura 3), presentó una notable dilución después del periodo de cuaja hasta 45 DDPF, con

leves variaciones hasta el periodo de cosecha, llegando a una concentración final de 30 mg/100 gr FF.

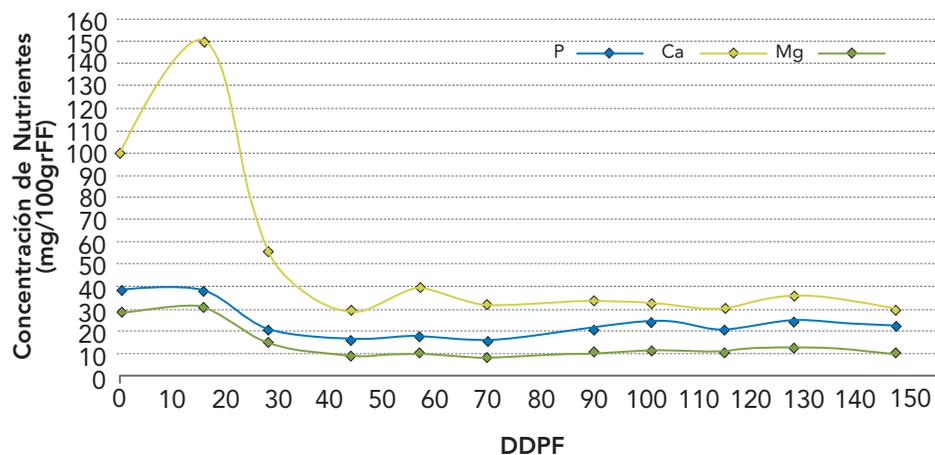
En relación a la acumulación de nutrientes en los frutos, se presentó un comportamiento creciente hasta los 100 DDPF en el N y P, y hasta los 130 DDPF en el Ca, en tanto que la acumulación de K y Mg se produjo hasta el momento de cosecha, lo cual está asociado a la acumulación de MS y a la concentración de cada nutriente en los respectivos momentos de muestreo, como se puede observar en las figuras 4 y 5. El N presentó una acumulación porcentual de 30, 65 y 97% de su total, cuando se había cumplido un 25, 50 y 75% del periodo de desarrollo del fruto, respectivamente (Figura 4), generando una tasa de acumulación mayor al desarrollo porcentual del fruto. Por su parte, el K presentó una acumulación porcentual de 20, 45 y 75% de su total, cuando se había cumplido un 25, 50 y 75% del periodo de desarrollo del fruto, respectivamente (Figura 4), levemente inferior al desarrollo porcentual del fruto. El P presentó una acumulación porcentual de 20, 55 y 96% de su total, cuando se había cumplido un 25, 50 y 75% del periodo de desarrollo del fruto, respectivamente (Figura 5), similar al desarrollo porcentual del fruto, excepto en la fase final de desarrollo de éste. El Ca presentó una acumulación porcentual de 36, 82 y 97% de su total, cuando se había cumplido un 25, 50 y 75% del periodo de desarrollo del fruto, respectivamente (Figura 5), en todos los casos muy superior a la tasa de desarrollo porcentual del fruto. Finalmente el Mg presentó una acumulación porcentual de 28, 60 y 88% de su total, cuando se había cumplido un 25, 50 y 75% del periodo de desarrollo del fruto, respectivamente (Figura 5), superiores al desarrollo porcentual del fruto. Por tanto, la mayoría de los nutrientes presentan un desfase de acumulación respecto del avance en el desarrollo del fruto que generalmente fue mayor a éste, destacando la acumulación de K, la cual presentó una acumulación



**FIGURA 1.** Evolución de la acumulación relativa de peso fresco (PF) y peso seco (PS) en frutos de kiwi variedad Hayward desde plena flor hasta cosecha, para un rendimiento de 52 Ton/ha. Romeral, temporada 2012-2013.



**FIGURA 2.** Evolución de la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) (mg/100 gr de fruto fresco) en frutos de kiwi variedad Hayward desde plena flor hasta cosecha. Romeral, temporada 2012-2013.



**FIGURA 3.** Evolución de la concentración de fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (mg/100 gr de fruto fresco) en frutos de kiwi variedad Hayward desde plena flor hasta cosecha. Romeral, temporada 2012-2013.

relativa levemente inferior al desarrollo porcentual del fruto, lo cual respalda la recomendación de aplicaciones constantes y elevadas de este nutriente, llegando incluso a aplicaciones durante el periodo de cosecha (Hirzel, 2008). En términos de extracción de nutrientes en la fruta, los valores obtenidos fueron de 1,1 kg de N; 0,54 kg de  $P_2O_5$ ; 3,0 kg de  $K_2O$ ; 0,44 kg de CaO; y 0,20 kg de MgO por cada tonelada de fruta.

La información presentada anteriormente pone en evidencia que la dinámica de acumulación de nutrientes en los frutos de kiwi en orden descendente es más rápida para Ca, N, Mg, P y K. Por tanto en estados tempranos a intermedios del desarrollo de frutos, se privilegia la acumulación de Ca, N y Mg, en tanto que la acumulación de P y K se asemeja al desarrollo relativo del fruto. Esto conlleva a orientar un manejo nutricional que permita el ingreso temprano de N, Ca y Mg a la planta para alimentar esta necesidad en los frutos, a través de una parcialización de la aplicación de estos nutrientes en esta etapa o etapas previas, en tanto que la aplicación de K, además de realizarse durante todo el periodo de crecimiento de la planta, debe concentrarse en la segunda mitad del periodo de desarrollo de frutos, sobre todo cuando se cuenta con sistemas de fertirrigación. Por su parte, la aplicación de Ca debe realizarse desde el inicio de crecimiento de raíces hasta previo a cosecha, con mayores parcializaciones en los estadios tempranos de crecimiento de frutos (Tagliavini et al., 2000), dada la dinámica de absorción de este nutriente por la planta y la translocación hacia los frutos (menor velocidad de movimiento dentro de la planta en relación a otros nutrientes).

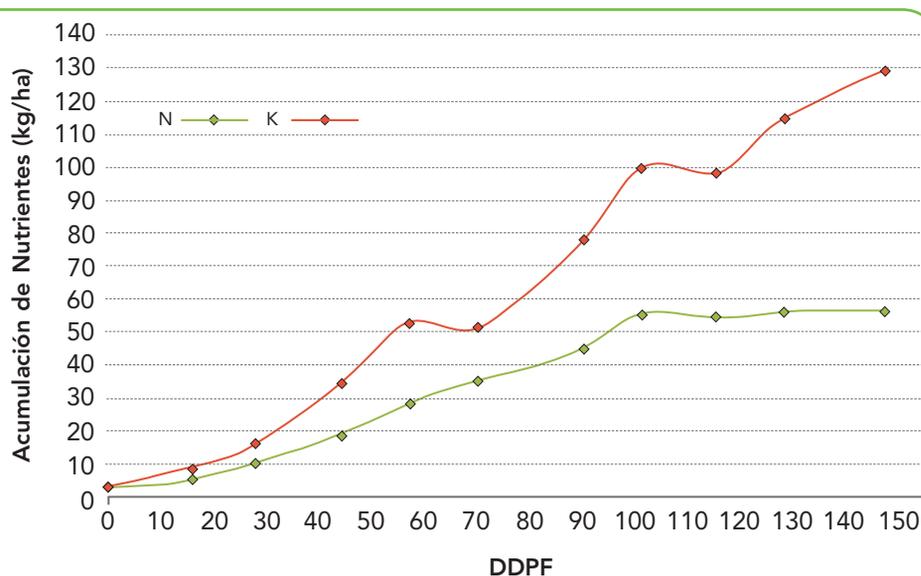
Como herramienta adicional, el manejo de riego debe estar ajustado a la necesidad del sistema suelo-planta, y de esta forma la absorción de nutrientes por la planta, y su posterior translocación hacia los frutos, permitirá potenciar las características de calidad (calibre, color, firmeza, entre otras).

## CONCLUSIONES

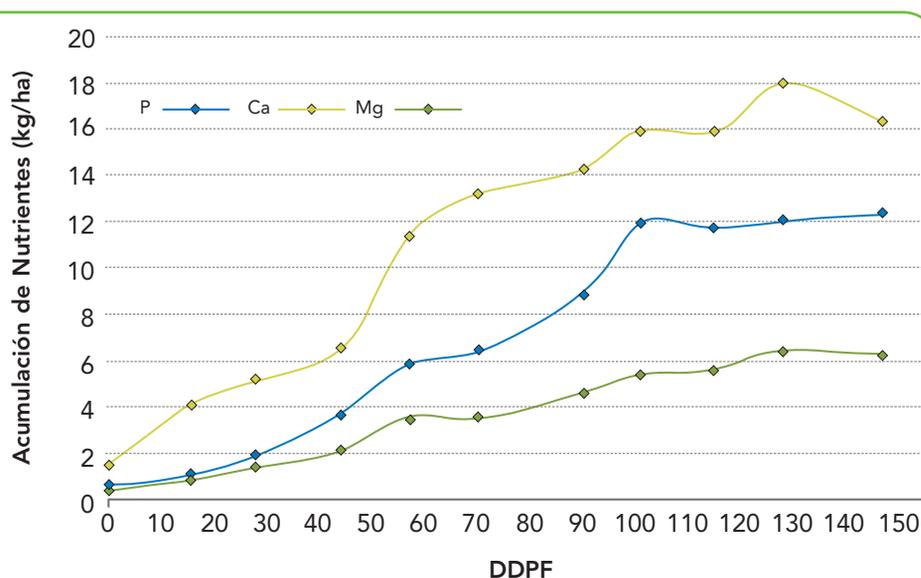
El estudio realizado genera información básica que puede ser utilizada en la producción de kiwi, esta con el fin de formular programas de manejo nutricional que permitan mejorar la productividad y calidad frutos de esta especie, sobre todo considerando las exigencias de los mercados de destino y de la competencia productora.

## AGRADECIMIENTOS

El autor de este artículo agradece la gentil colaboración del señor Jaime Berenguer Quera, destacado productor de Kiwis a nivel nacional, quien permitió y gestionó la realización de este estudio en sus huertos de kiwi. **RF**



**FIGURA 4.** Acumulación de nitrógeno (N) y potasio (K) en frutos de kiwi variedad Hayward desde plena flor hasta cosecha, para un rendimiento de 52 Ton/ha. Romeral, temporada 2012-2013.



**FIGURA 5.** Acumulación de fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en frutos de kiwi variedad Hayward desde plena flor hasta cosecha, para un rendimiento de 52 Ton/ha. Romeral, temporada 2012-2013.

**NOTA,** para todas las figuras DDPF corresponde a los días después de plena flor.

## BIBLIOGRAFÍA

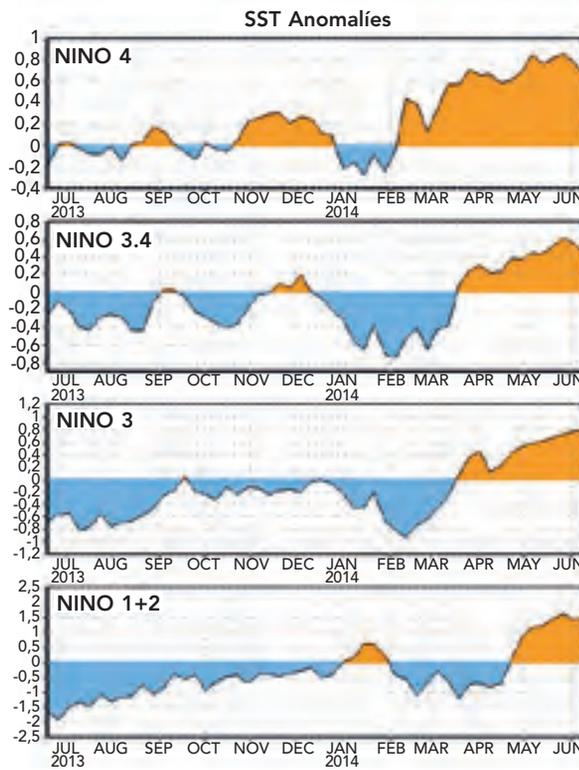
- CLARKE, C.J., G.S. SMITH, M. PRASAD, AND I.S. COMFORT.** 1986. Fertiliser recommendations for horticultural crops. Wellington, New Zealand, Ministry of Agriculture and Fisheries. 70 p.
- HIRZEL, J.** 2008. Principios de fertilización en frutales y vides. Pág. 219-251. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- SMITH, G.S., C.J. CLARK, AND J.G. BUWALDA.** 1988. Nutrients dynamics of a kiwifruit ecosystem. Scientia Horticulturae 37:87-109.
- TAGLIAVINI, M., C. ZAVALLONI, A. ROMBOLA, M. QUARTIERI, D. MALAGUTI, F. MAZZANTI, P. MILLARD Y B. MARANGONI.** 2000. Mineral Nutrient Partitioning to Fruits of Deciduous Trees. Acta Horticulturae 512. 211 p.

**LUIS ESPÍNDOLA P.**  
Ingeniero Agrónomo  
Copefrut S.A. - Curicó

## PRONOSTICO ESTACIONAL TEMPORADA 2014-2015

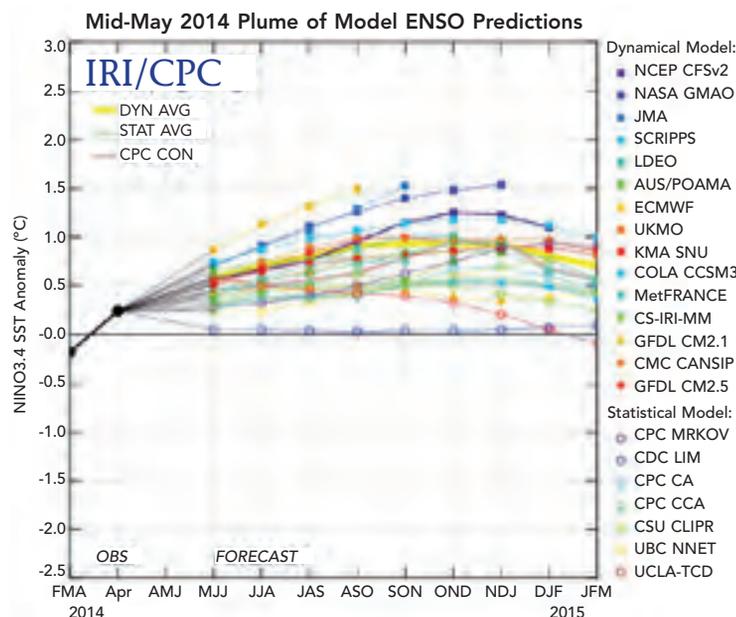
**D**urante las temporadas anteriores las precipitaciones en la zona centro-sur de Chile han estado muy por debajo de los niveles normales (51 % de déficit en el año 2013). Sin embargo, para la actual temporada 2014-2015 la información disponible proveniente de los principales organismos dedicados al pronóstico climático estacional, ha mostrado un cambio importante desde marzo del 2014 de la temperatura del Océano Pacífico ecuatorial tanto a nivel superficial como en profundidad, que ha pasado de un período de enfriamiento muy intenso durante la temporada anterior que disminuyó significativamente el nivel de precipitaciones en Chile, a un debilitamiento de esta situación y observándose en la actualidad un aumento sostenido y consistente de la temperatura del mar en los distintos sectores del Pacífico, especialmente el denominado El Niño 3.4, donde se ha estado desarrollando un calentamiento de las aguas tanto en la superficie como en profundidad y que está superando su promedio histórico, **Fig. 1**.

De acuerdo a los pronósticos de casi todos los modelos climáticos, se espera que durante el período invernal del hemisferio sur la condición oceánica se mantendrá con una tendencia de un 70% hacia el desarrollo de un fenómeno de El Niño con intensidad media a débil, esto significa precipitaciones entre los niveles normales a superiores el invierno 2014. Para el resto del año, la tendencia pronosticada apunta hacia un aumento sostenido de la temperatura oceánica (**Fig. 2**), por lo que se espera que al final del invierno y durante el período de primavera, las precipitaciones deberían mantenerse a lo menos en torno a parámetros normales. **RF**



**Figura 1.** Anomalías en la temperatura del mar observadas a nivel superficial en el Pacífico Ecuatorial.

Fuente : Climatic Prediction Center – NOAA – NCEP.



**Figura 2.** Pronósticos de las desviaciones de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en el sector Niño 3.4.

Fuente : Climatic Prediction Center – NOAA – NCEP.

## REUNIÓN DE PRODUCTORES

Las principales conclusiones obtenidas de la Encuesta y Evaluación de los sistemas de riego realizada por el Dr Eduardo Holpzafel y su equipo durante el período 2012-2013 fueron dadas a conocer en una reunión efectuada el miércoles 2 de abril en el Salón Auditorio de Copefrut.

En el encuentro –al que asistieron productores, profesionales y ejecutivos de la empresa- se entregaron tanto los resultados individuales de cada productor, como también generales y se aseguró que el adecuado manejo, diseño y operación de los equipos de riego es uno de los factores con mayor impacto en la producción frutícola.

Los expertos enfatizaron especialmente dos aspectos, el primero se relaciona con la importancia de una adecuada capacitación al personal que opera los equipos y la segunda, la necesidad de contar con un diseño que resuelva los requerimientos específicos de cada huerto, que sea eficiente energéticamente y operable por los usuarios. Como parte de las conclusiones del estudio, se diseñaron dos cursos para productores que apuntan a profundizar los conocimientos y capacitación en este importante tema.

Este encuentro, así como otras iniciativas y actividades, se enmarca en la alianza de trabajo establecida entre la empresa y los productores. “Como Compañía y Gerencia de Productores enfrentamos grandes desafíos productivos que actualmente se traducen en la búsqueda constante de productos de excelente condición y calidad, por ello destacamos este tipo de iniciativas que apoyan la profesionalización de la gestión agrícola. La idea es trabajar en diversas iniciativas que se enmarquen en esta línea. Comenzamos con el proyecto M9 y estamos desarrollando otros proyectos, entre ellos, de energía y reconversión de huertos”, aseguró Cristian Heinsohn, Gerente de Productores



## ENTREGA DE ESTIMULOS ESCOLARES



### A HIJOS DE COLABORADORES

**En el Salón Auditorio de Casa**

**Matriz**, en Curicó, se realizó el viernes 25 de abril la tradicional ceremonia de entrega de Estímulos Escolares a hijos de colaboradores de Copefrut S.A. Los alumnos, estudiantes de enseñanza básica y media que lograron durante el año escolar 2013 alcanzar un promedio de nota final igual o superior a 6.0, recibieron un estímulo por alcanzar esta importante meta.

Fernando Cisternas, Gerente General, asegura que este programa ha incentivado a los hijos de colaboradores en su desempeño escolar, generando vínculos entre la familia y la organización. “Esta actividad que se desarrolla anualmente desde 1992, demuestra nuestra constante preocupación por profundizar el trabajo que apunta a facilitar la conciliación e integración de la vida laboral con la vida familiar”, asegura.

## ANDRÉS HEDERRA DUPLAQUET



**Revista Frutícola** agradece el aporte y contribución del señor Andrés Hederra Duplaquet, quien se desempeñó como Gerente Comercial de Copefrut S.A. hasta el mes de marzo de 2014, emprendiendo un nuevo rumbo laboral. Le deseamos todo el éxito en sus nuevos proyectos profesionales.



## PERSPECTIVAS DE LOS CAROZOS

“Situación actual, perspectivas de los frutales de carozos y nuevas variedades”, es el nombre de la charla efectuada miércoles 4 de Junio en Planta Buin, a la cual asistieron productores de Copefrut S.A y encargados de huertos, quienes tuvieron la oportunidad de presenciar las exposiciones de profesionales de nuestra compañía y otros especialistas invitados que presentaron variados temas relacionados con las actuales tendencias de los mercados y la disponibilidad en nuestro país de frutas de carozos que cumplan con esas expectativas. El Gerente de Productores, Cristian Heinsohn, dio la bienvenida y destacó la oportunidad que presenta el trabajo con carozos y reiteró la necesidad de una permanente actualización en este cultivo.



El Jefe Zonal de Buin, Alejandro Silva, dio a conocer las estadísticas de producción y exportación de las diferentes variedades de duraznos, nectarines y ciruelas producidas en nuestro país, destacando la concentración de algunas de ellas lo cual está generando una permanente sobre oferta en épocas precisas. Enfatizó la necesidad de extender los periodos de cosecha de manera de escalonar la producción tanto en la recepción de las plantas como en los procesos de despacho de la fruta a los diferentes mercados.

Posteriormente el Sub Gerente Comercial de Copefrut, Ricardo González, se refirió a las nuevas tendencias en los mercados y clientes, la solicitud de variedades de mejor color y sabor con una adecuada poscosecha y con una oferta prolongada en el tiempo, de tal manera de ofrecer un mix con otras especies durante la temporada.

Destacó la necesidad permanente de desarrollar nuevos empaques, bolsas de colores, clamshell, cajas pequeñas, que además deben contar con diseños atractivos para el consumidor.

Finalmente los Ingenieros Agrónomos José Antonio Poblete, Gerente de Viveros Requinoa y Héctor Pinochet asesor de A.N.A, presentaron un resumen de las diferentes variedades de carozos que posee cada una de sus empresas, destacando tanto las características productivas como los aspectos organolépticos y poscosecha de cada una de ellas.

## FERIA DE MAQUINARIA

El viernes 11 de abril se realizó en Casa Matriz la segunda versión de la “Feria de Maquinaria Nueva y Usada”, en la cual se presentaron dos grandes sectores, uno destinado a la exposición de maquinaria nueva, con los principales distribuidores de maquinaria agrícola, y otro sector, exclusivo para todos aquellos productores que traen sus maquinarias usadas que estén interesados en vender.

Esta actividad –que tuvo una excelente acogida– se enmarca dentro de la alianza estratégica de trabajo que se desarrolla entre nuestra organización y los productores que busca, entre otros objetivos, entregar servicios de excelencia en transferencia tecnológica a nuestros productores, capacitación en áreas de gestión agrícola, incentivos por su participación en proyectos de investigación y desarrollo, así como en la aplicación de estrategias de apoyo y colaboración.



## CHARLA TÉCNICA SOBRE PODA DE KIWIS

“Análisis Productivo y Estrategia de Poda Invernal en Kiwis” es el nombre de la charla técnica efectuada el 4 de Junio en las instalaciones del Fundo Santa Laura perteneciente a Don Osvaldo Márquez Bisquertt en el sector Barros Negros, a la cual asistieron productores de Copefrut S.A y encargados de huertos, quienes tuvieron oportunidad de presenciar las exposiciones de profesionales de nuestra compañía que abordaron diferentes temas relacionados con labores de la poda de kiwis.

El Sub Gerente del Programa de Kiwis, Andoni Elorriaga, realizó la introducción destacando la oportunidad actual que presenta este cultivo, dada la menor oferta global de kiwis, debido a la disminución de la producción en los principales países productores de este frutal. Se refirió también a la situación actual de la enfermedad denominada “Bacteriosis del Kiwi” y la importancia de mantener programas de protección preventivos.

Luego expuso el Ingeniero Agrónomo Luis Valenzuela del área I&D sobre los “Principios de la Poda y Amarra Invernal de Kiwis”, destacando que estas son de las labores más importantes para lograr buenas producciones con fruta de calidad. Un buen trabajo con ellas tendrá un efecto positivo sobre el resto de las labores realizadas posteriormente en el huerto y en el producto final.

Posteriormente el Ingeniero Agrónomo Alejandro Bonta presentó la importancia del “Análisis Productivo para la Estrategia de Poda de la Nueva Temporada”, destacando la relevancia de la recopilación y ordenamiento de la información para la determinación del potencial productivo y viabilidad económica del huerto.

El Ingeniero Agrónomo Jorge Albornoz realizó una presentación sobre “Uso de Cianamida Hidrogenada en Kiwis”, precisando cuáles son los objetivos de su utilización, ventajas, desventajas y precauciones que se deben tener presentes y las recomendaciones para la presente temporada.

Las charlas finalizaron con una capacitación en terreno destacando los aspectos más importantes durante las labores de poda y amarra en kiwis.

Es importante destacar que esta reunión técnica también fue realizada en la zona de Linares el día 9 junio a cargo del los Ingenieros Agrónomos Fabián Mesa y Ramón Galdames.



# Elimine lo malo, respetando lo bueno



## APPLAUD®

La solución insecticida que todos aplauden



Insecticida de gran eficacia para el control de chanchitos blancos y escamas en carozos y pomáceas. Fundamental en toda estrategia para el control de chanchitos.

Cuenta con cortas carencias y amplias tolerancias en mercados de destino y es selectivo a insectos benéficos.



Visítanos en [m.anasac.cl](http://m.anasac.cl)

[www.anasac.cl](http://www.anasac.cl)

# ERGER<sup>®</sup>

PROMOTOR DE LA BROTACIÓN  
A BASE DE EXTRACTOS VEGETALES



- Anticipa y uniformiza la floración y brotación.
- Huertos Sanos.
- Incrementos Productivos.
- Amigable con el Medio Ambiente.



**Innovación Vegetal**  
[www.bioamerica.cl](http://www.bioamerica.cl)

Los Canteros N° 8696, La Reina - Tel: (56 2) 2273 1002