

# Adaptando la fruticultura a la escasez hídrica



**Gabriel Selles van Sch.**  
Ingeniero Agrónomo, Dr.  
Coordinador Programa Nacional  
de Hortofruticultura INIA



**Alejandro Antúnez B.**  
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
Investigador INIA La Platina



**Carlos Zúñiga E.**  
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
Investigador INIA La Cruz



**Es preciso desarrollar estrategias de manejo agronómico que permitan aumentar la productividad del agua en las especies frutales, entendiendo por productividad del agua el incrementar la producción y la calidad, con la misma o menor cantidad de recursos hídricos (más por menos).**

Chile posee una superficie bajo riego cercana a un millón de hectáreas. La agricultura es el sector de la economía más demandante de agua, representando entre el 75 y 80% del uso consuntivo, con fines de riego. El riego es esencial para mantener la producción agrícola del país, toda vez que las precipitaciones se concentran en periodos de invierno, por lo cual la demanda de agua de las diferentes especies debe ser suplida con agua de riego, proveniente de cauces superficiales y/o subterráneos.

Del millón de hectáreas bajo riego, la fruticultura —básicamente de exportación— ocupa una superficie de alrededor de 300.000 ha (**CUADRO 1**), generando un ingreso FOB cercano a los US\$6.000 millones anuales, lo que representa el 40% del PIB silvoagropecuario, y el 4% del PIB nacional.

El 50% de la superficie frutal se concentra desde la región Metropolitana hacia el norte que, por sus condiciones climáticas, permite el desarrollo de una gran variedad de especies de cosecha temprana. Esta zona, sin embargo, se caracteriza por presentar un desbalance histórico entre la disponibilidad de recursos

**Cuadro 1.** Superficie de riego y de frutales a nivel nacional.

Región	Superficie regada (ha)	Superficie frutales* (ha)	% acumulado
Arica y Parinacota	12.301		
Antofagasta	2.294		
Atacama	19.354	10.794	4
Coquimbo	75.714	29.863	14
Valparaíso	86.157	50.855	32
Metropolitana	136.757	48.063	49
O'Higgins	210.693	75.239	75
Maule	299.102	48.280	92
Biobío	166.574	11.231	96
La Araucanía	49.772	7.302	99
Los Ríos - Los Lagos	12.535	4.073	100
Aysén	2.717		
Magallanes	19.844		
<b>Total</b>	<b>1.093.814</b>	<b>285.700</b>	

(\*) CIREN 2012.  
Fuente: Censo 2006/07.

hídricos y la demanda de los diferentes sectores (**FIGURA 1**).

A lo señalado, se suman los eventos de sequía que periódicamente afectan a las regiones de la zona centro-norte (a lo menos 17 periodos

de sequía de diferente extensión, entre los años 1924 y 2015), y la disminución de precipitaciones que predicen los modelos de cambio climático en esta zona productora de frutas del país.

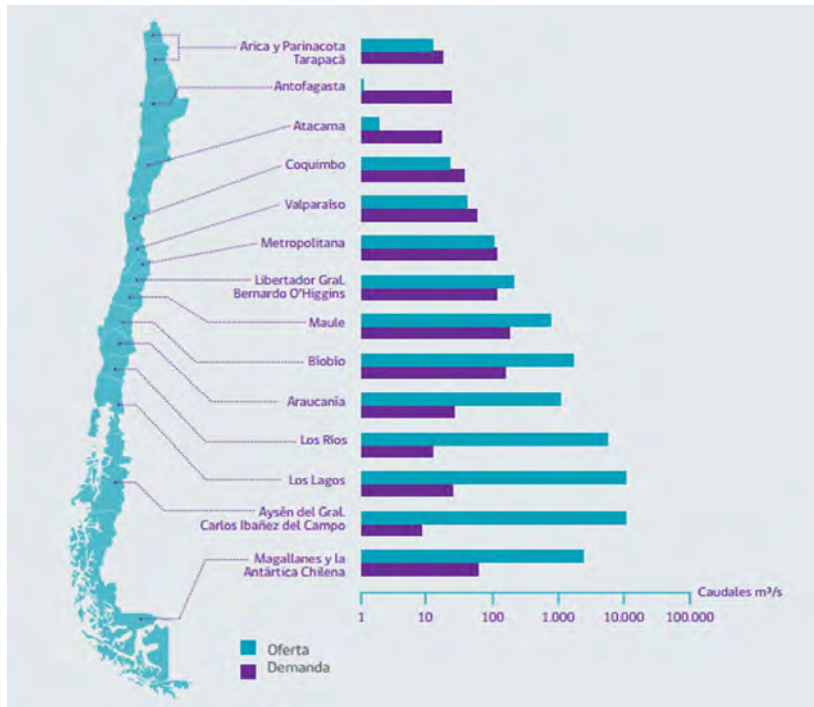


Figura 1. Disponibilidad y extracción del recurso hídrico por regiones (Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2011. Informe del estado del medio ambiente).

Esta visión está en línea con la preocupación del tema del agua a nivel mundial, que ha llevado a desarrollar el concepto de Huella Hídrica del producto, que corresponde a la cantidad total de agua utilizada por kg de producto generado a través de la cadena productiva. La Huella Hídrica puede ser interpretada como un indicador de sustentabilidad de los sistemas productivos.

Lo anterior hace necesario, más hoy que antes, desarrollar estrategias de manejo agronómico que permitan aumentar la productividad del agua en las especies frutales, entendiendo por productividad del agua como incrementar la producción y la calidad, con la misma o menor cantidad de agua (más por menos). Esta es la filosofía de los trabajos de adaptación al cambio climático del programa de riego y drenaje del INIA; filosofía que no solo implica aumentar la eficiencia de aplicación del agua de riego, mediante el uso de sistemas de riego tecnificado, sino también estrategias de manejo que signifiquen, como ya se

ha indicado, una mayor productividad del agua utilizada.

Así, estas estrategias consideran la elección del cultivo, sectorización de cuarteles, considerar oferta y demanda de agua del huerto y elección del método de riego, programación de riego de acuerdo con balances hídricos, control del riego y estrategias de riego complementarias y reducción de la evaporación.

### Elección de los cultivos considerando condiciones ambientales y de suelo

Para maximizar la productividad, se debe realizar la elección de la especie y variedad teniendo en cuenta, además de aspectos de orden económico y comercial, las condiciones climáticas y edafológicas (de suelo), de tal forma que éstas no sean limitantes para que el cultivo seleccionado manifieste su máximo potencial productivo. Desde el punto de vista climático o agroclimático, es preciso considerar períodos

libres de heladas e intensidad de las mismas, horas frío, días grado, y demanda evaporativa de la atmósfera (evapotranspiración potencial), entre otros. Desde la perspectiva del suelo, un aspecto relevante es la caracterización físico química de los suelos, y su variabilidad espacial dentro del predio, de modo de conocer propiedades como estructura, textura, limitaciones físicas (nivel de compactación, por ejemplo, capacidad de aire, limitaciones químicas), para programar las labores de preparación de suelos —preplantación— necesarias para el adecuado desarrollo de las raíces (subsulado, aplicaciones de enmiendas, etc.) y selección de portainjertos más adecuados para las condiciones particulares de cada tipo de suelo, o bien descartar algunas especies si las condiciones son muy limitantes. Existe bastante evidencia científica que muestra que el desarrollo de las raíces está estrechamente relacionado a la producción y a la condición de la fruta (Figura 2). Hoy no es extraño encontrar plantaciones de especies sensible a las bajas temperaturas en zonas de alta incidencia de heladas o cultivos sensibles a suelos pesados, que presentan un pobre desarrollo del sistema radicular, por falta de oxígeno en la zona de raíces en suelo o por el desarrollo de algún tipo de enfermedades, como *phytophthora*.

### Sectorización de cuarteles de acuerdo a condiciones físicas de suelo

Conocer la variabilidad espacial de las propiedades físicas del suelo, en particular, el agua fácilmente aprovechable por las plantas (AFA), permitirá hacer una adecuada sectorización de los equipos de riego localizado, generando zonas homogéneas de manejo respecto de tiempos y frecuencias idóneos de riego, para satisfacer los requerimientos hídricos de las plantas (Figura 3).



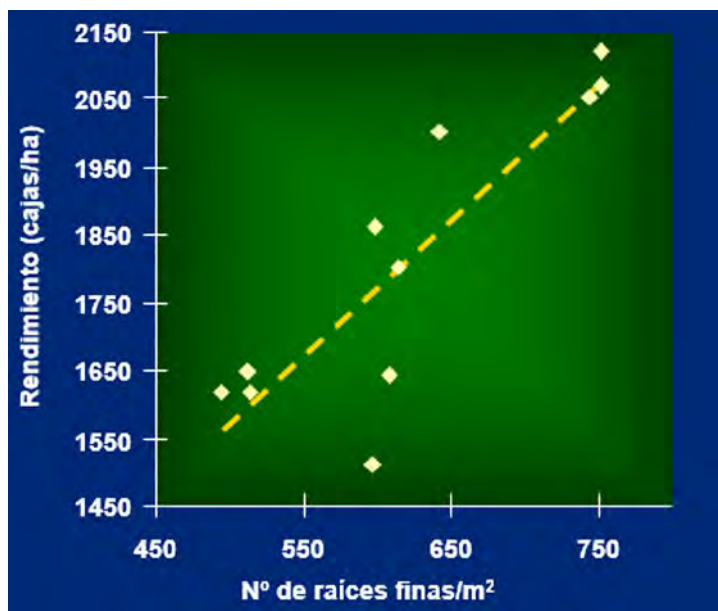


Figura 2. Relación entre el rendimiento (cajas/ha) y el número de raíces finas por metro cuadrado de suelo en vid de mesa, cv Thompson Seedless (Fuente: INIA).



Figura 3. Ejemplo de sectorización de suelo de acuerdo a sus propiedades físicas. Se definen zonas homogéneas de retención de Agua Fácilmente Aprovechable por las plantas (AFA).

### Considerar oferta y demanda de agua del huerto y elección del método de riego

Otro aspecto no menor, dado que se trata de cultivos permanentes, de largo aliento y alta inversión, es la realización de un balance hídrico previo (análisis de la oferta y demanda de agua a nivel predial), de modo que puedan definir la superficie máxima de riego seguro en el mediano y largo plazo, para que las estrategias a aplicar sean realmente de adaptación al cambio climático y no de déficit permanente por una planificación inadecuada de la explotación frutícola.

La selección del método de riego parece ser un tema ya zanjado. Sistemas de riego presurizados de aplicación localizada de agua, como es el caso del riego por goteo o micro aspersión, son de uso común en fruticultura, cuya eficiencia de aplicación puede llegar sobre 80%, superando al riego superficial. Preocupación importante es el área de suelo mojado que se debe generar, para mojar el sistema de raíces (uso de

una o más líneas según el tamaño de planta y tipo de suelo). Más adelante volveremos sobre los sistemas de riego presurizados.

### Programación del riego a través de balances hídricos

La programación y el control del riego —para definir tiempos y frecuencias de riego— son herramientas clave en la producción y obtención de fruta de calidad, permitiendo aplicar la cantidad de agua que demanda el cultivo, de acuerdo a su estado fenológico y el período crítico para el desarrollo de la fruta. En este sentido, el uso de estaciones meteorológicas automáticas (EMA), que posibiliten cuantificar la demanda evaporativa de la atmósfera (evapotranspiración de referencia) se ha convertido en una gran ayuda. Por otra parte, está el uso de imágenes satelitales que determinan la evolución temporal del desarrollo del cultivo, mediante la cuantificación del índice normalizado de la vegetación, (NDVI, FIGURA 4). Esta cuantificación permite tener una

mejor estimación del Kc (coeficiente de cultivo), factor necesario para determinar los requerimientos hídricos de las diferentes especies. INIA, junto a otras universidades nacionales y financiamiento FIA, está desarrollando una Plataforma Agrícola Satelital (PLAS), de acceso público, para la determinación de requerimientos hídricos a nivel predial (<http://maps.spiderwebgis.org/login/?custom=plas>).

### Control del riego

De manera complementaria, es altamente recomendable tener un sistema de control que faculte hacer un seguimiento del contenido de agua del suelo y su variación, para hacer los ajustes que sean necesarios al programa de riego. Normalmente esta operación se realiza por medio de calicatas, sin embargo, hoy en día con el desarrollo de la electrónica y la telemetría, es posible incorporar sensores de medición continua de humedad, en tiempo real, que permiten verificar si el suelo se encuentra a capacidad de campo

después del riego, si la frecuencia fue oportuna, y si se está perdiendo agua bajo la zona de raíces.

### Estrategias de riego complementarias y reducción de la evaporación

Existen prácticas de manejo de riego complementarias, que ayudan a reducir el consumo de agua en períodos de escasez, como es el riego deficitario controlado (RDC) y el riego deficitario sostenido (RDS). El primero consiste en aplicar una cantidad menor de agua a la requerida por las plantas, en ciertos períodos fenológicos de éstas que no afecten el desarrollo de la fruta. Por ejemplo, en frutales de cosecha temprana, reducir la cantidad de agua en determinado porcentaje en postcosecha. En tanto, en el RDS se realiza una aplicación deficitaria de riego durante todo el desarrollo del frutal. El éxito de estas técnicas depende de la capacidad de controlar la magnitud del déficit hídrico y la capacidad de los equipos de riego de recuperar la cuantía del defecto hídrico cuando éste va más allá de lo deseado. En consecuencia, es una práctica que requiere mucho monitoreo del estado hídrico de la planta y del suelo, pudiendo ser útil para enfrentar situaciones puntuales, pero no una estrategia de largo plazo, ya que se ha visto que en el curso del tiempo las plantas se resienten, disminuyendo su crecimiento vegetativo, afectando la cantidad de fruta y las reservas nutricionales de las raíces.

Existen otras prácticas de manejo que sí pueden significar una disminución del consumo de agua, sin someter a las plantas a déficit hídrico. Por ejemplo, las que ayudan a reducir la evapotranspiración de un frutal. La evapotranspiración corresponde a la suma de dos componentes: el de evaporación (pérdida de agua directamente desde el suelo) y la transpiración propia de la planta. Desde el punto de vista productivo, el componente transpiración es el relevante, es decir, el agua que entra

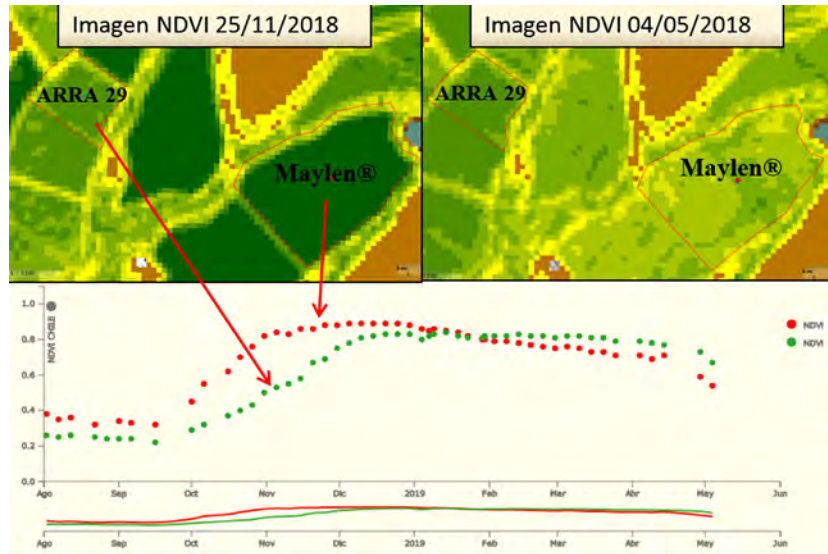


Figura 4. Desarrollo del Índice Normalizado de la Vegetación (NDVI) de dos variedades de uva de mesa, medido mediante imágenes satelitales (Plataforma PLAS). Para una misma fecha el NDVI es diferente y, por tanto, también sus requerimientos hídricos ( $K_c = 1,5$   $NVDI=0,23$ ).

a la planta desde el suelo y se pierde en la atmósfera en forma de vapor, a través de los estomas. El agua transpirada por la planta es el motor de la absorción de nutrientes; proporciona la fuerza mecánica para el crecimiento del vegetal, interviene en la fotosíntesis y, sobre todo, regula la temperatura del tejido, evitando estrés térmico. O sea, el agua sale en forma de vapor a la

atmósfera por medio de los estomas, lo que permite al mismo tiempo que ingrese  $CO_2$ , materia prima para la formación de carbohidratos.

Una forma, entonces, de reducir la evapotranspiración es controlando la magnitud de la evaporación que depende, entre otros factores, del área superficial de suelo mojado y de la frecuencia de riego. Riegos de

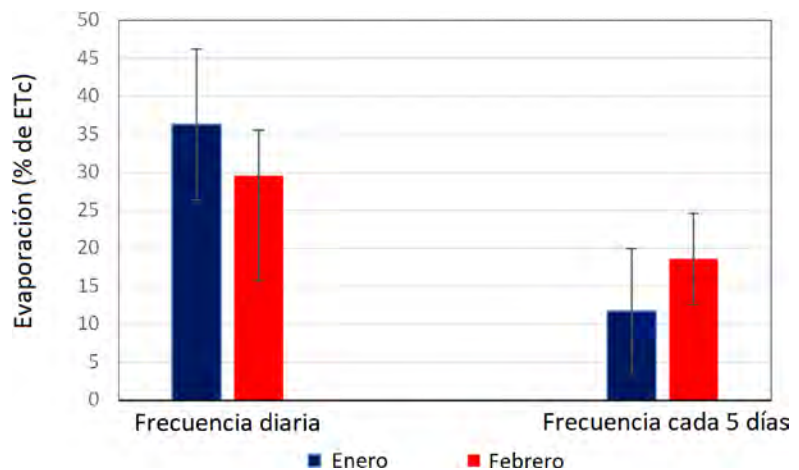


Figura 5. Porcentaje de evaporación (E/ETc) en un huerto de palto regado por microaspersión regado diariamente y con frecuencia de riego cada cinco días. (Fuente: INIA).



📌 **Figura 6.** Ejemplos de uso de *mulch*, para reducir evaporación en uva de mesa. **A)** *Mulch* paja; **B)** *Mulch* plástico; y **C)** *Mulch* sarmiento.

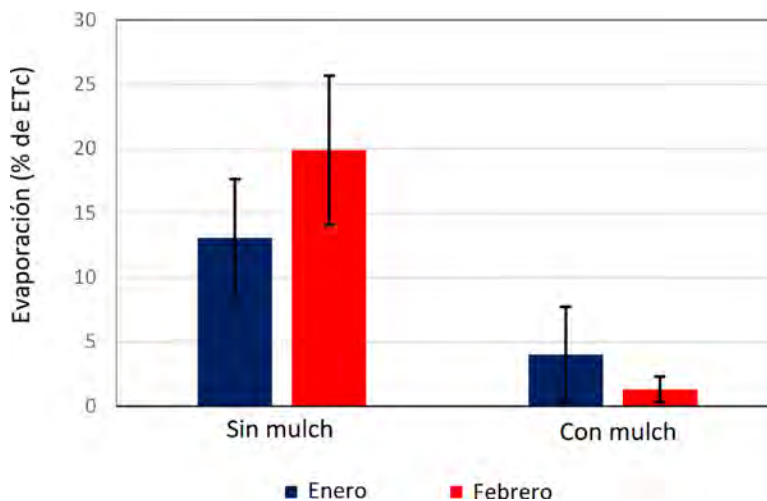
alta frecuencia, diarios o dos veces al día presentan un alto componente de evaporación, por tanto, distanciar la frecuencia del riego, aprovechando la capacidad de retención de agua del suelo, contribuye a reducir las pérdidas por evaporación directa. Esto se ilustra en la **FIGURA 5**, donde se puede ver que, bajo microaspersión, en el riego diario la evaporación puede alcanzar cerca de un 30% de la ETc, en cambio, en riegos cada cinco días, ésta puede ser la mitad.

El cambio de riego por microaspersión a riego por goteo también produce una disminución de la evaporación, al reducir la superficie de suelo mojado, preservando la zona húmeda bajo el área sombreada por los árboles.

En el caso del riego por goteo es posible reducir la evaporación de los primeros centímetros del suelo mediante el uso de *mulch* artificial, plástico o natural paja o restos de

poda (**FIGURA 6**). La magnitud del efecto del uso de *mulch* en el control de evaporación en condiciones de riego por goteo se presenta en la **FIGURA 7**.

Recientemente INIA ha comenzado a evaluar el uso de riego por goteo subsuperficial (goteo enterrado). En esta modalidad, el



📌 **Figura 7.** Porcentaje de evaporación (E/ETc) en un huerto de palto regado por goteo con o sin *mulch* (Fuente: INIA).

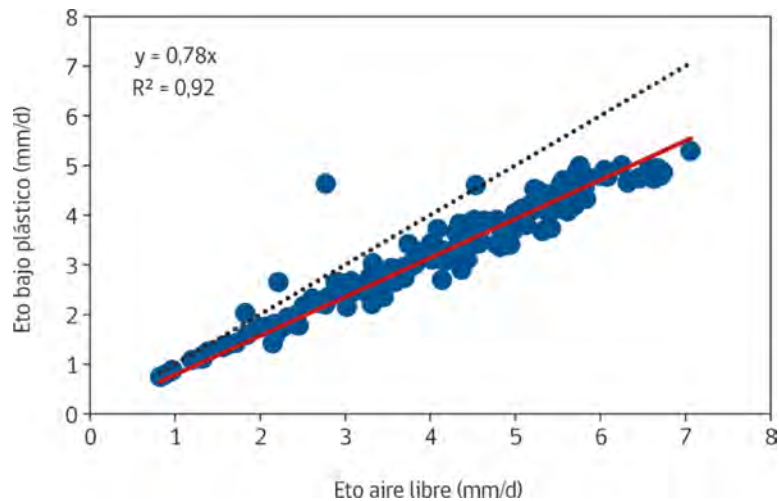


sistema de riego va bajo la superficie, a unos 30 cm de profundidad, lo que evita que se produzcan fenómenos de evaporación. Existen líneas de riego especialmente diseñadas para este uso, sin embargo, es necesario evaluar la distribución de agua en el suelo y de sales, así como formas de detectar tempranamente posibles problemas de taponamiento.

Otra forma de aminorar la evapotranspiración en los frutales es mediante modificaciones microclimáticas, utilizando por ejemplo cubiertas de malla o plásticas. Éstas reducen la radiación solar directa que recibe el cultivo, disminuyen la velocidad del viento, afectan temperatura y, en algunos casos, la humedad relativa, todo lo cual significa una baja de la demanda hídrica y las necesidades de riego respecto del aire libre, de un 25 a 30% (FIGURA 8).

Hay que tomar en cuenta que al modificar las condiciones microclimáticas del huerto, aparte de reducir los requerimientos de riego, se generan otros efectos como disminuir daños por golpe de sol o russet provocado por ramaleo del viento, adelantar cosecha, proteger el cultivo de eventos climáticos no deseables (lluvia en cosecha) o efectos sobre parámetros de calidad de la fruta (firmeza, color), por lo que se requiere ir desarrollando paquetes tecnológicos apropiados para este nuevo sistema productivo.

Finalmente, hay que señalar que los acumuladores de agua pueden ser una fuente de pérdidas de este recurso, tanto por infiltración como por evaporación. Las pérdidas de agua por infiltración se pueden reducir



➤ **Figura 8.** Relación entre la demanda evaporativa (Eto, mm/día) bajo plástico y al aire libre (Fuente: INIA).

**Del millón de hectáreas bajo riego, la fruticultura –básicamente de exportación– ocupa una superficie de alrededor de 300.000 ha, generando un ingreso FOB cercano a los US\$6.000 millones anuales, lo que representa el 40% del PIB silvoagropecuario, y el 4% del PIB nacional.**

a través del uso de revestimientos de algún material impermeable (arcilla o PVC). Las pérdidas por evaporación se pueden mermar significativamente cubriendo la superficie con malla rachel, láminas de PVC o bolas flotantes anti evaporación. La selección del método depende principalmente de las dimensiones de la superficie por cubrir.

La implementación de las técnicas señaladas puede contribuir a mejorar la productividad del agua y a constituirse en herramientas prácticas de adaptación al cambio climático en aquellas especies que son hoy día el sostén de la fruticultura de exportación. **TA**