



Unidad Agroclimática de Referencia (UAR): es una empastada en condiciones de referencia (de 1 ha) que cubre por completo el suelo y se encuentra en óptimas condiciones de crecimiento.

## SEPOR

# Servicio de Programación y Optimización del uso del agua de Riego

A nivel mundial y específicamente en América Latina se proyecta para los próximos años una disminución significativa de la disponibilidad de agua para la producción agrícola. En Chile la pluviometría para las principales zonas agrícolas muestra una declinación constante de las precipitaciones de hasta un 25% durante el siglo XX, las cuales podrían llegar hasta un 40% en el largo plazo. Estas condiciones se agravan

debido a las frecuentes anomalías climáticas del fenómeno conocido como "La Niña", el que ha producido importante sequías (disminuyendo en hasta un 70% la pluviometría normal anual) y generando graves pérdidas económicas a la agricultura.

En este contexto, la Comisión Nacional de Riego (CNR) financió, (en 2007), la puesta en marcha del proyecto SEPOR, cuya ejecución está a cargo del CITRA por



Dr. Samuel Ortega-Farías, director del CITRA.

El "Servicio de Programación y Optimización del uso del agua de Riego (SEPOR)" fue establecido el 2007 en las áreas regadas del Río Cachapoal (2ª Sección) en la VI Región, y Maule Norte y Longaví en la VII Región. Consiste en un sistema informático para la gestión hídrica que permite a los productores disponer de información climática básica y procesada para una adecuada programación del riego de frutales y de viñas. La información se entrega a través de una página Web o por correo electrónico.

S. Ortega-Farías<sup>1</sup>, H. Jeria<sup>2</sup>, M. Carrasco<sup>1</sup>, R. Morales<sup>1</sup>, S. Juliet<sup>1</sup>, A. Acevedo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA), Universidad de Talca.

<sup>2</sup>Comisión Nacional de Riego.

## Héctor Jeria de CNR: "Hemos refocalizado el Sepor"

Héctor Jeria, coordinador de la CNR para la implementación del Sepor, valoró lo que ha conseguido el programa y la agilidad con que se han corregido ciertos aspectos: "El último año hemos refocalizado nuestro trabajo dirigiéndolo a aquellos pequeños agricultores que tienen riego tecnificado, pero que no tienen los conocimientos ni el acceso a los instrumentos que entregan información como la de la red de estaciones agroclimáticas. Hoy tenemos cerca de 100 agricultores que son atendidos de una manera personalizada, con tres personas que trabajan en cada una de las zonas que abarca el Sepor. Esos agricultores reciben asistencia al menos una vez por semana". Según Jeria, otra posibilidad es que a futuro la información agroclimática sea difundida a un mayor número de agricultores a través de las juntas de vigilancia. Destacó que además de la mejora en



los rendimientos y la calidad de la producción, la programación sirve para adaptarse a los cambios climáticos y de mercado, porque con el uso correcto de la información se puede cambiar la plantilla de producción. "Como mundo agrícola debemos lograr que el recurso sea usado para aminorar la escasez relativa que provoca la creciente competitividad por el agua. Hay muchos agricultores de la región que están utilizando el agua con una eficiencia del 30%. Esa agricultura es inviable".

un período de tres años. El objetivo principal del Sepor es la optimización técnica y económica del uso del agua de riego, poniendo a disposición de los agricultores un sistema de información en tiempo real que permite tomar decisiones sobre dosis y frecuencias de riego. El sistema se orienta a satisfacer y controlar eficientemente, en can-

ta información climática básica: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones; y procesada: evapotranspiración, tiempos de riego y frecuencias de riego.

ta información climática básica: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones; y procesada: evapotranspiración, tiempos de riego y frecuencias de riego.



ta información climática básica: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones; y procesada: evapotranspiración, tiempos de riego y frecuencias de riego.

ta información climática básica: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones; y procesada: evapotranspiración, tiempos de riego y frecuencias de riego.

ta información climática básica: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones; y procesada: evapotranspiración, tiempos de riego y frecuencias de riego.

## Componentes del Sepor:

El Sepor está formado por un Módulo Central (MC) y módulos remotos (12 unidades agroclimáticas de referencia (UAR) y 10 unidades de validación (UV)):

**a) Módulo Central (MC):** corresponde al lugar físico donde se encuentra instalado un sistema computacional que permite procesar, analizar y administrar la información (clima, suelo, cultivo y manejo agronómico) recopilada de distintos módulos remotos (UAR y UV). En este caso, la información climática es transmitida directamente desde una EMA al MC

a través del sistema GPRS (General Packet Radio Services) de la telefonía celular, lo cual permite incorporar los datos climáticos automáticamente a una página Web. En la página Web se encuentra la siguiente información:

- básica: radiación solar ( $R_s$ ), temperatura ( $T_a$ ), humedad relativa (HR), velocidad ( $V_v$ ) y dirección ( $D_v$ ) del viento y precipitaciones ( $P_p$ )
- procesada: evapotranspiración de referencia (ET<sub>r</sub>), evapotranspiración actual (ET<sub>a</sub>), coeficientes de cultivos (K<sub>c</sub>) calibrados, capacidad de almacenamiento de agua del suelo,

frecuencias y tiempos de riego, días grados acumulados y horas de frío.

**b) Unidad Agroclimática de Referencia (UAR):** corresponde a una empastada en condiciones de referencia (área = 1 ha) que cubre por completo el suelo y se encuentra en óptimas condiciones de crecimiento (sin restricción hídrica o problemas de manejo agronómico). En estas condiciones de referencia se puede asumir que la empastada es equivalente a una hoja gigante y de este modo se puede aplicar el modelo de Penman-Monteith (PM) para estimar la ET<sub>r</sub> en base a

información climática (Jensen et al., 1990).

**c) Unidad de Validación (UV):** corresponde a parcelas experimentales donde se desarrollan ensayos de riego para calibrar los coeficientes de cultivo para cada período fenológico de maíz, tomate industrial, arándano, manzano, olivos para aceite, vides de mesa y vinífera. Además, en la UV se realizan estudios sobre el efecto del déficit hídrico controlado en viñas, olivos y tomate industrial para optimizar la relación calidad/rendimiento.



Técnico del Citra haciendo mediciones en terreno.

consumo de agua y maximizar el rendimiento y calidad. Los resultados del primer año de funcionamiento del SEPOR indicaron disminuciones entre un 17 y 40% en las aplicaciones de agua en uva de mesa, uva vinífera, olivos y manzanos. Es importante indicar que estas disminuciones en las tasas de riego no afectaron significativamente el rendimiento y se tradujeron en importantes ahorros en el costo de energía eléctrica para huertos y viñedo regados por goteo.

La implementación del SEPOR considera las siguientes etapas:

- establecimiento de una red de estaciones meteorológicas automáticas (EMA) para estimar la evapotranspiración de referencia usando el modelo de Penman-Monteith.
- desarrollo de un programa de investigación aplicada para calibrar localmente el algoritmo matemático de la programación del riego y corregir los coeficientes de cultivo en base a las condiciones específicas de suelo, clima y planta.
- desarrollo un programa de transferencia técnica para capacitar a los agricultores en la utilización adecuada del SEPOR y tecnologías de riego.
- establecimiento de un Servicio integrado de programación

del riego, orientado a asistir a los agricultores en el uso del agua de riego a nivel predial.

### Investigación Aplicada

La implementación y operación eficiente del SEPOR, requiere de una investigación aplicada que permita el desarrollo y/o calibración del algoritmo matemático de la programación del riego de acuerdo a las condiciones específicas de suelo, clima, cultivo y manejo agronómico. De este modo, el programa de investigación considera los siguientes aspectos:

Calibración en las UAR de los sub-modelos de radiación neta, calor del suelo y resistencia estomática que están incorporados en la ecuación Penman-Monteith (PM) para estimar la evapotranspiración de referencia (E<sub>Tr</sub>).

Desarrollo y/o calibración de coeficientes de cultivo

Evaluación del impacto de diferentes láminas de riego (déficit hídrico controlado) sobre el rendimiento y calidad de las especies agrícolas seleccionadas.

Determinación del consumo de agua para cada período fenológico de los cultivos en estudio.

Determinación de la eficiencia del uso del agua de riego

Evaluación técnico-económica



del SEPOR en las áreas de estudio.

Desarrollo de una base de datos en SIG y un sistema informático para la gestión del recurso hídrico.

### Transferencia Tecnológica

Para lograr un verdadero impacto de la programación del riego en el sector productivo, el Sepor considerará el desarrollo de un intensivo programa de transferencia tecnológica, que contempla la entrega de las herramientas necesarias a los agricultores, técnicos y profesionales para optimizar la gestión del recurso hídrico a nivel predial. Los objetivos específicos de este mecanismo de transferencia son los siguientes:

- Capacitar a los regantes en las metodologías usadas en el SEPOR
- Capacitar a técnicos y profesionales que se desempeñan en funciones de apoyo a la

producción y desarrollo de la agricultura regada

- Transferir a las organizaciones de regantes y agricultores particulares los conceptos fundamentales y metodologías de gestión de riego, de operación y mantenimiento de equipos de riego, así como los aspectos técnicos y económicos en el uso de información de clima, suelo y cultivo aplicada al riego de los frutales, viñas y cultivos.
- Traspasar el resultado de la investigación aplicada a los agricultores en forma directa, y proveer de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para operar mejor sus sistemas de riego y por consecuencia sus sistemas de producción.
- Desarrollar un programa piloto de un servicio integral de programación del riego a los agricultores

### Resultados Preliminares del servicio integral de riego

Como una forma de demostrar los beneficios de una correcta programación del riego se realizó una asesoría directa a un grupo de agricultores líderes en cada zona seleccionada. Los resultados preliminares del primer año de la puesta en marcha del SEPOR indicaron que los agricultores fueron capaces de ahorrar agua entre un 17 y 40% sin afectar significativamente el rendimiento y calidad (Cuadro 1). Además, los agricultores indicaron que el ahorro del

**Cuadro 1.** Resultados preliminares del programa piloto del servicio integral de programación del riego (Temporada 2007/08).

	Ahorro de Agua (%)	Sistema de riego
Manzano	17	Tendido
Uva de mesa	18	Goteo
Uva vinífera	40	Goteo
Olivos	38	Goteo

agua permitió reducir el consumo de energía eléctrica en los huertos y viñedos con riego localizado.

### Olivos y uva vinífera

## Resultados preliminares del SEPOR en las unidades de validación

### Unidades de validación en olivos

Se llevó a cabo un estudio para evaluar el efecto de la programación del riego sobre el rendimiento, calidad de aceite y gasto de energía en un huerto de olivos (cv. Arbequina) durante la temporada de crecimiento 2007/08. El olivar está localizado a 15 Km al poniente de la ciudad de Talca, VII Región de Chile. El olivar de 7 años de edad es regado por goteo y conducido en sistema de monocono. Los resultados preliminares de este estudio indicaron que la programación del riego permitió reducciones del volumen de agua en alrededor de un 34%, sin afectar significativamente el rendimiento de aceite (rendimiento

**Cuadro 2.** Resultados preliminares del primer año de la aplicación del SEPOR en unidades de validación de olivos para aceite (Pencahue, temporada 2007/08).

	Agricultor	SEPOR
Agua aplicada (mm)	494	325
Rendimiento de aceite (t ha <sup>-1</sup> )	2.41	2.43
Rendimiento de fruta fresca (t ha <sup>-1</sup> )	9.93	9.10
Eficiencia del uso del agua (kg m <sup>-3</sup> )	0.49	0.75
Costo por concepto de energía (dólares/ha)	139	94

**Cuadro 3.** Resultados preliminares del primer año de la aplicación del SEPOR en unidades de validación de uvas viníferas, cv. Carménère (San Clemente, temporada 2007/08).

	Agricultor	SEPOR
Agua aplicada (mm)	261	92.2
Rendimiento de fruta (kg planta <sup>-1</sup> )	8.1	8.6
Antocianinas totales en las uvas (mg L <sup>-1</sup> )	2304	2402
Riqueza fenólica en las uvas (sin dimensiones)	40.8	35.4
Costo por concepto de energía (dólares/ha)	142	82

graso) por hectárea (Cuadro 2). Al respecto, la eficiencia del uso del agua fue de 0.49 y 0.75 kg (aceite) m<sup>-3</sup> para el agricultor y RDC, respectivamente. Por otro lado, la optimización del uso del agua permitió un ahorro de 45 dólares/ha por concepto de energía eléctrica.

Es importante señalar que no sólo los costos de energía se pueden reducir sino que también los costos de cosecha y elaboración de aceite. Esta reducción se asocia a que un fruto con menor contenido de agua pesan menos

pero su contenido de aceite y el potencial de rendimiento graso no se ve afectado. Por tanto, la empresa paga menos kilos de fruta al momento de la cosecha, pero obteniendo la misma producción de aceite (Cuadro 2).

### Unidades de validación de uvas viníferas

Se llevó a cabo un estudio para evaluar el efecto de la programación del riego sobre el consumo de agua, calidad, rendimiento y gasto de energía en un viñedo (cv. Carmenère) durante la temporada de crecimiento 2007/08. Esta evaluación se realizó en la Viña Calina, fundo El Maitén, en la cuenca del Maule, subcuenca del río Claro, Talca, Región del Maule. La viña de 10 años de edad es regada por goteo y conducida en sistema doble cortina genovesa (DCG). En este estudio se encontró que la programación del riego permitió un ahorro significativo del agua aplicada en el viñedo sin afectar rendimiento y calidad de las uvas destinadas a la producción de vino (Cuadro 3). Además, la optimización del uso del agua permitió un ahorro de 60 dólares/ha por concepto de ahorro de energía eléctrica.

La experiencia del proyecto confirma que el SEPOR, ya en su primer año de funcionamiento (al día de hoy lleva dos años funcio-



nando), aportó ahorros significativos en la aplicación de agua sin afectar rendimiento ni calidad. Además, la optimización del uso de agua permitió un ahorro en el consumo de la energía eléctrica utilizada en los sistemas de riego por goteo.

Es importante señalar que la adecuada implementación del SEPOR requiere de investigación científico-tecnológica para desarrollar y/o adaptar la tecnología en programación del riego. Además, la transferencia tecnológica es fundamental para la aplicación efectiva del SEPOR en el sector productivo pues la adopción de la tecnología por parte de los agricultores es un proceso gradual. **CR**

### Estrenan portal con información agroclimática

El proyecto Sepor entró en una nueva etapa con el lanzamiento del portal con información agroclimática en línea ([www.sepor.cl](http://www.sepor.cl)) que se basa en la información recolectada en las tres zonas donde se aplica este proyecto del CITRA: las áreas regadas de la 2ª Sección del río Cachapoal en la VI Región, y el Maule Norte y Longaví en la Séptima.

En dicho portal el usuario una vez registrado puede obtener datos de las estaciones instaladas en esas zonas para ejecutar un riego muchísimo más eficaz.

El jueves 28 de mayo se realizó en la Universidad de Talca el "Lanzamiento del proyecto: Transferencia Tecnológica en Programación del Riego, VI y VII Regiones", que contó con tres expositores: el doctor Samuel Ortega, director del CITRA;

Rodrigo Morales, del mismo centro; y César González, de la CNR.

Samuel Ortega afirmó que como el 92% de los agricultores no accede normalmente a Internet hay que pulir algunos aspectos de la transferencia tecnológica y hay que capacitar a los agricultores, considerando que Internet es la llave de entrada al Sepor.

Rodrigo Morales, por su parte, se encargó de mostrar paso a paso la forma de obtener la información del portal recién estrenado. En tanto que César González enfatizó que la idea es que la transferencia tecnológica llegue finalmente al pequeño agricultor que no maneja Internet: "Queremos segmentar al público y que la asistencia técnica sea dirigida a cada grupo conforme a sus intereses y capacidades".