



PROYECTO SEPOR

Servicio de
Programación y Optimización
del Uso del Agua de
Riego

BOLETÍN INFORMATIVO

Riego en Olivos

www.sepor.cl

1. Introducción

La rentabilidad de las producciones olivícolas depende tanto de la productividad como de la calidad de las olivas, ya que esta adquiere un gran protagonismo dado que las características de la materia prima condicionan en gran medida la calidad final del aceite y su precio. Dentro de los factores que determinan de forma importante la producción, es la cantidad de agua de riego suministrada al cultivo, y dada su escasez las aplicaciones deben ser siempre lo más eficiente posible en cuanto al momento y cantidad. Por lo tanto una de las principales interrogantes que debe enfrentar todo olivicultor, es determinar ¿cuál es el momento en que se debe aplicar el agua de riego al huerto?, con el fin de evitar que se afecten los rendimientos, la calidad de las olivas y por ende la calidad final del aceite obtenido de ellas. Al mismo tiempo, el productor se enfrenta a la pregunta ¿qué volu-

men de agua aplicar en cada riego para lograr reponer el agua consumida desde el último riego?. Estas interrogantes se relacionan con los conceptos de frecuencia y tiempo de riego que son la base para establecer una programación del riego en función del huerto, del suelo y de las variables climáticas que inciden en la evapotranspiración del cultivo. Los procedimientos más comunes de la programación del riego se basan en la estimación de la evapotranspiración de referencia (ETr) o bien en mediciones de la humedad del suelo. La estimación de la ETr se relaciona con la instalación de una bandeja de evaporación clase A o una estación meteorológica automática (EMA), la bandeja Clase A es uno de los métodos más simples para determinar la evapotranspiración de un cultivo mientras una EMA es un instrumento más sofisticado y preciso en cuanto

a los resultados de ETr que se pueden obtener con su información. Para la determinación de la humedad del suelo existen una variedad métodos e instrumentos para su medición, entre ellos el más básico pero no tan exacto es determinar la humedad a través de una inspección visual y táctil del suelo, también está el método gravimétrico (secado muestra de suelo en horno en un laboratorio), tensiómetros, y por último están los métodos más sofisticados como lo son el Time Domain Reflectometry (TDR) y Frequency Domain Reflectometry (FDR). Tanto para la determinación de la ETr como para la medición de la humedad del suelo se debe ser muy cuidadoso en su estimación para no acarrear errores en sus resultados y por ende en el manejo hídrico del huerto. Una de las debilidades que encierra la estima-

ción de la ETr y las mediciones de humedad del suelo es que no reflejan el estado hídrico de las plantas, por ello durante los últimos años se ha estado buscando alternativas a la manera tradicional de programar y monitorear el riego, una de esas alternativas es la medición del estado hídrico de las plantas, ya que estas son un buen indicador de su estado hídrico, dado que las plantas integran los efectos tanto del riego como del clima. En el presente informativo se entregará una idea de cómo utilizar la información obtenida tanto de la ETr, humedad del suelo y estado hídrico del olivo en la programación del riego en un olivar.

2. Programación del riego

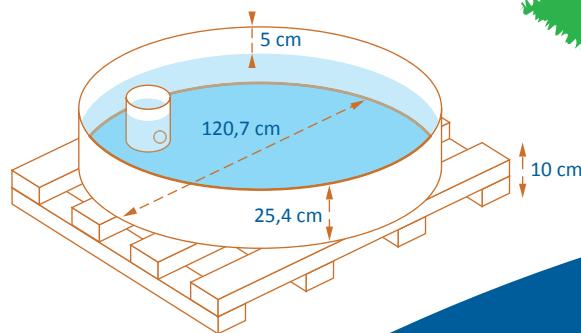
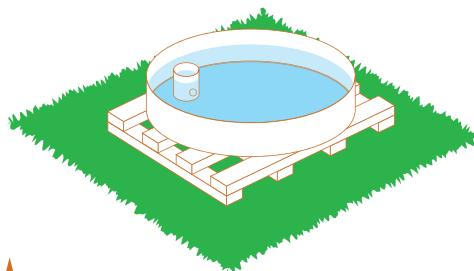
2.1 Mediciones Asociadas

a) Determinación de la evapotranspiración de referencia (ETr)

Para determinar la ETr se utilizan principalmente la Bandeja de evaporación clase A (Figura 1) y la Estación Meteorológica Automática (EMA) (Figura 3). La bandeja de evaporación es uno de los métodos más simples para determinar la evapotranspiración de un cultivo. El principio que rige su uso, se basa en que la evaporación desde una superficie de agua libre se-

ría similar a la evapotranspiración desde un cultivo, es decir de un modo análogo, la planta responde a las mismas variables climáticas. En cuanto a cómo construir, instalar y utilizar la Bandeja de evaporación clase A existe variada información ya sea en cartillas de divulgación, revistas e internet. Pero en términos generales si desde la bandeja se evapora un litro de agua esto equivale a un milímetro de evaporación en el estanque.

Figura 1. Bandeja de evaporación Clase A.



La estimación de la evapotranspiración de referencia en función de la evaporación de bandeja se basa en la siguiente relación:

$$ETr = EB \times Kp$$

Donde:

ETr = evapotranspiración de referencia, (mm/día)

EB = evaporación de bandeja, (mm/día)

Kp = coeficiente de bandeja.

El coeficiente de bandeja (Kp) depende principalmente de las características del viento y humedad relativa del sector, por lo tanto se debe contar con esta información con sensores ubicados cerca de la zona de la instalación de la bandeja o en su reemplazo la información debe ser obtenida desde la EMA más cercana. Para condiciones de campo e

invernadero puede considerarse valores de Kp entre 0,6 y 0,8. En climas áridos y ventosos es recomendable usar 0,6.

Ahora como ejemplo vamos a calcular la evapotranspiración de referencia (ETr) utilizando los siguientes datos:

- EB = 10 litros/día
- Kp = 0,7

a) Evaporación de bandeja

Un litro equivale a 1 milímetro de evaporación en el estanque. Por lo tanto:

$$EB = 10 * 1 = 10 \text{ mm/día}$$

b) Cálculo de la ETr

$$ETr = EB * Kp = 10 * 0,7 = 7 \text{ mm/día}$$

Ahora otra manera de determinar la Evapotranspiración de referencia de manera más exacta es a través del monitoreo de los parámetros climáticos, para lo cual se debe instalar una Estación Meteorológica Automática (EMA), La EMA corresponde a un equipo meteorológico, que debe contar con algunos instrumentos básicos para funcionar.

1. Pluviómetro para captura de Precipitaciones
2. Acumulador de datos.
3. Anemómetro y Veleta, para medición de Velocidad y Dirección del Viento
4. Panel solar, para carga de batería del acumulador de datos
5. Conjunto de sensores para Humedad Relativa y Temperatura
6. Piranómetro para medición de Radiación Solar

Para que una EMA proporcione datos útiles que permitan llegar a calcular la Evapotranspiración de Referencia (ETr), esta debe idealmente ser instalada en el centro de una empastada de 1 hectárea de gramíneas verdes (Festuca con 8 a 15 cm de alto o Alfalfa, con 30 a 50 cm de alto), con cubrimiento total, ausencia de árboles próximos, edificios o cualquier estructura que pueda interferir con el funcionamiento normal de la EMA, en cuanto al cuidado de la empastada esta debe ser mantenida con buen manejo agronómico y no someterla a un déficit hídrico. Por lo general la mayoría de las EMA traen consigo un software que analiza toda la información medida por sus sensores y proporciona de manera automática la información sobre la ETr.



b) Medida del contenido de agua en el suelo

Para que la información sobre el contenido de agua en el suelo sea útil, se debe comenzar por tomar muestras de suelo, en los sectores donde se desee realizar el monitoreo de humedad o en los sectores representativos del huerto, estas muestras deben ser enviadas a un laboratorio especializado con el fin de determinar las propiedades físico hídricas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y valor crítico de riego). Por otro lado se deben realizar una serie de calicatas en puntos representativos de los cuarteles a fin de determinar la profundidad efectiva de raíces.

Figura 3. Ubicación de la EMA en el sitio de referencia



Una vez determinados los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), se debe fijar un criterio de riego (CR), el cual generalmente es el 50% de la humedad aprovechable.

Figura 4. Toma de muestras del perfil del suelo.



Una vez realizado lo anterior se procede a determinar el contenido de humedad en el suelo principalmente de dos formas: directa utilizando muestras de suelo o indirecta usando instrumentos específicos. La medición directa de la humedad del suelo comprende la medición de la humedad gravimétrica (Hg), esta consiste en pesar un volumen dado de muestra y secar sin tapar en una estufa a 105 °C durante un mínimo de 24 horas, luego se deja enfriar y por diferencia de peso se obtiene el contenido de agua de la muestra, su principal inconveniente es el tiempo para obtener sus resultados. Para la medición indirecta de la humedad del suelo se utilizan principalmente tensiómetros, sondas TDR (Time Domain Reflectometry) y sondas FDR (Frequency Do-

main Reflectometry) (Figura 5). Los tensiómetros miden el potencial matricial del agua en el suelo, en términos simples es el esfuerzo que realizan las raíces para extraer del suelo el agua que necesitan. Por lo tanto el tensiómetro actúa como una raíz artificial. Las sondas TDR y FDR se basan en la medición de la constante dieléctrica del complejo suelo-agua. Las mediciones indirectas de la humedad del suelo son las recomendadas para aquellos cultivos donde se necesita un flujo de información constante para poder manejar de mejor forma la programación del riego.

Figura 5. Instrumentos para medir indirectamente la humedad del suelo: a) Tensiómetro, b) sonda TDR y c) sonda FDR.



c) Medida del estado hídrico de la planta

El instrumento empleado para medir el potencial de agua de las plantas en terreno es la cámara de presión o también conocido como bomba Scholander (Scholander et al. 1965). Esta técnica consiste en medir la tensión en el xilema de una planta mediante la aplicación de presión, esta presión es generada ya sea por un gas (nitrógeno) o aire comprimido, con el fin de mover el agua retenida en el xilema. La medición del potencial hídrico del cultivo se divide en dos tipos: **Potencial hídrico de hoja (Ψ_h)** y **Potencial hídrico del xilema (Ψ_x)**, para el primero se deben considerar factores como edad y ubicación de la hoja, el Ψ_h es considerado como un factor variable y de poca fiabilidad. Mientras el Ψ_x permite medir el estado hídrico general de la planta

utilizando hojas o ramillas que previamente se han tapado para que se equilibre con el resto de la planta. En el caso de los olivos el estado hídrico se mide a través del potencial hídrico del xilema al mediodía (Ψ_x md), en horario de verano las mediciones deben ser realizadas alrededor de las 13:00 hrs. Si la medición de potencial se realiza a las 13:00 hrs las ramillas para la medición deben estar preparadas (cubiertas) a más tardar a las 11:00 hrs. La secuencia fotográfica de la figura 6 muestra los pasos a seguir en la medición del estado hídrico en olivos. Inicialmente se seleccionan ramillas desde plantas sanas y representativas del huerto, se cubren con una bolsa plástica y papel alufoil por dos horas, luego una por una se van cortando e insertando rápidamente en la cámara de presión donde se empieza a aplicar presión (nitrógeno) a la cámara hasta que en el corte de la ramilla se forme una gota de savia.

Es importante señalar que para realizar las mediciones de potencial hídrico del xilema al mediodía debe ser realizado por una persona previamente entrenada tanto en la selección del material vegetal a medir como en el uso de la cama propiamente tal, ya que su utilización involucra el trabajo a altas presiones.

Ahora de acuerdo a los resultados obtenidos desde un ensayo en un olivar del cv. Arbequina de 8 años de edad, con 555 árboles por hectárea, ubicado al poniente de la ciudad de Talca, en el sector de Quepo, Pencahue, región del Maule, se ha logrado determinar que manteniendo ciertos rangos de potencial hídrico del xilema al mediodía durante las diferentes etapas fenológicas del olivo, se obtiene un aceite de alta calidad, estos rangos de potencial se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Rangos de potencial del xilema al mediodía (Ψ_{md}) en *Olea europaea* cv. Arbequina para la producción de aceite de alta calidad.

Brotación a inicio del endurecimiento del carozo	Endurecimiento del carozo	Fin endurecimiento del carozo a Cosecha
Mayor a -1,8 MPa	-1,8 a -2,3 MPa	-1,8 MPa a -2,3 MPa

2.2 Programación en Sistema de Riego por Goteo

Esta información está preparada en base a un olivar adulto (más de 7 años) en plena producción plantado con un marco de plantación de 6,0 m entre hileras y 3,0 m sobre hilera, y una área cubierta por las copas de las plantas igual o superior al 50%.

2.2.1 Evapotranspiración del olivar

La evapotranspiración del olivo (ET_{olivo}) determina la cantidad de agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos. Al respecto la ET_{olivo} se puede expresar como:

$$ET_{olivo} = E_{Tr} * K_c$$

Donde:

ET_{olivo} = evapotranspiración del olivo (mm/día)

E_{Tr} = evapotranspiración de referencia (mm/día)

K_c = coeficiente de cultivo (adimensional)

La E_{Tr} se obtiene con los datos de la EMA en referencia. Los K_c de acuerdo a los resultados de la investigación en Olivos cv. arbequina se presentan en la **Tabla 2**.

2.2.2 Estimación de la Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego se refiere a la cantidad de veces por día o por semana que necesitamos que el equipo de riego se encienda. Esta frecuencia de riego va a variar de un lugar geográfico a otro, de la época del año, del tipo de suelo, entre otros factores. En veranos muy calurosos y secos la demanda hídrica de la atmósfera es muy alta aumentando considerablemente la E_{Tr} , lo que determina una frecuencia de riegos más corta. En el caso del manejo del sistema de riego por goteo es preferible regar todos los días, haciendo una buena estimación del tiempo de riego.

Tabla 2. Valores de coeficiente de cultivo (K_c) para Olivos variedad cv. arbequina

Periodo		Estado fenológico	K_c
Septiembre	Diciembre	Brotación - Inicio endurecimiento carozo	0,6
Enero	Abril	Endurecimiento Carozo - Pinta	0,4

Fuente: CITRA

2.2.3 Tiempo de Riego

De esta forma los tiempos de riego serán determinados mediante la siguiente expresión:

$$TR = \frac{ET_{olivo} * AU}{Ne * Ea * q}$$

Donde: TR = Tiempo de riego (h); ET_{olivo} = evapotranspiración del olivo (mm d-1); AU = área asignada al cultivo o marco de plantación (m²); Ne = número de emisores por planta; Ea = eficiencia de aplicación (0,9) y q = caudal del emisor (L h-1).

Usando la fórmula anterior, calcular el tiempo de riego para el día de máxima demanda [15 enero 2008 (endurecimiento carozo $K_c=0,4$), $E_{Tr}=6,82$ mm/día], olivar regado por goteo, cuya área unitaria es de 18 m².

- $E_{Tr} = 6,82$ mm/día
- $K_c = 0,61$
- $ET_{olivo} = 6,82$ mm/día * 0,4 = 2,73 mm/día
- AU = 6 m x 3 m = 18 m²
- Ne = 6
- Ea = 90% = 0,9
- q = 4 l/hora

$$TR = \frac{2,73 * 18}{6 * 0,9 * 4} = 2,3 \text{ hrs} = 2 \text{ hrs } 17 \text{ min}$$



**COMISION NACIONAL DE RIEGO
DIRECCIÓN**

Alameda 1449. Piso 4, Santiago-Chile
(Metro Moneda)
Web: www.cnr.cl

HORARIOS DE ATENCIÓN

De Lunes a Jueves de 9:00 a 18:00hrs
y Viernes de 9:00 a 17:00hrs.

La Comisión Nacional de Riego ha habilitado la Oficina de Informaciones, Reclamos y Sugerencias (OIRS), la cual puede ser contactada mediante las siguientes vías:
Teléfono: (56-2) 4257908 - e-mail: cnr@cnr.gob.cl

El presente documento constituye un material de divulgación preparado por el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNIVERSIDAD DE TALCA.
Campus Talca, Avenida Lircay s/n, teléfono 71-200426, Talca.
“Permitida su difusión total o parcial, citando la fuente”



www.citrautalca.cl