

DETERMINACIÓN DEL CONSUMO HÍDRICO DEL OLIVO MEDIANTE LISIMETRÍA

Puppo, L.¹; García Petillo, M.¹; García, C.²

¹Grupo Disciplinario de Ingeniería Agrícola, Unidad de Hidrología - Departamento de Suelos y Aguas - Facultad de Agronomía - Montevideo - Uruguay.

²Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate, INIA Las Brujas. Rincón del Colorado- Canelones - Uruguay.

Fundamentación general

El olivo es un árbol típico de clima mediterráneo, que tradicionalmente se ha cultivado en condiciones de secano, sin embargo existe abundante información que confirma que este cultivo responde al riego, traduciéndose en un rápido crecimiento de la planta joven así como en kilogramos de aceitunas producidas (Fernández y Moreno, 1999; Moriana *et al.*, 2003).

La mayoría de la información de riego en olivos es para climas áridos y la misma es muy escasa para climas sub-húmedos como el de Uruguay. Asimismo para realizar un manejo eficiente del riego, que permita acompañar volumen y frecuencia a los requerimientos del cultivo, es fundamental el conocimiento de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) localmente, se comenzó este estudio que tiene como objetivo desarrollar información sobre el consumo de agua del olivo en el Uruguay que permita ajustar las dosis de riego, para promover un uso racional y sostenible tanto del agua como de la energía.

La ET_c se puede determinar exactamente con el uso de lisímetros y las relaciones derivadas de los estudios realizados con esta metodología permiten ajustar los coeficientes del cultivo (K_c). El uso de estos coeficientes posibilita la estimación de la ET_c con un método más sencillo que utiliza un doble paso de estimación donde se calcula primeramente la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) a partir de medidas en parámetros climáticos y después se multiplica por el K_c para tener en cuenta la especificidad del cultivo. (ET_c = ET_o x K_c). Está ampliamente reconocido que la ecuación de Penman-Monteith modificada por FAO (FAO-PM) da una estimación muy ajustada de la ET_o. Por lo tanto, gran parte del éxito de esta forma de estimar la ET_c depende de la rigurosidad en el ajuste del K_c, el cual es específico para un cultivar, marco de plantación y manejo del monte determinados (Allen *et al.*, 1998).

Materiales y Métodos

Se utilizaron 6 lisímetros de drenaje ubicados en la Estación Experimental INIA Las Brujas (34°40`S; 56° 20`W), de dimensiones 1,9 x 0,9 x 1,35 m de profundidad. Debido a que estos dispositivos están protegidos por una estructura que se cierra cada vez que la lluvia supera los 3 mm el agua recibida fue únicamente por riego.

En cada uno de ellos se plantaron olivos de la variedad Arbequina de diferente edad y tamaño, con el objetivo de determinar la evolución del consumo de agua del olivo desde la primera temporada hasta su tamaño adulto. Se evaluó el consumo de las plantas durante tres temporadas 2010-2011; 2011-2012 y 2012-2013. En los lisímetros 1 y 12 se instalaron plantas directas del vivero; en los lisímetros 2 y 11 se instalaron

plantas con dos años y en los lisímetros 3 y 10 con cuatro años. Las 4 últimas trasladadas desde un monte comercial.

Los lisímetros estuvieron rodeados por un cultivo de avena/sorgo frecuentemente regado, para evitar el “efecto oasis” que pudiese generarse a consecuencia de los procesos advectivos.

La separación entre los lisímetro con olivos simula un marco de plantación de 2,5 x 5,5 m (Figura N°1).

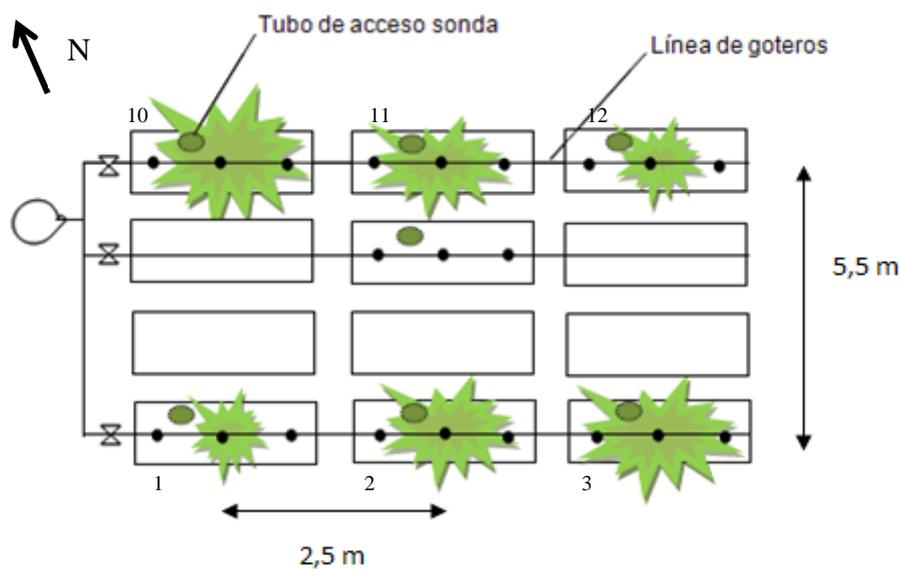


Figura N° 1. Croquis de la ubicación de los lisímetros, del equipo de riego y de los tubos de acceso para la sonda de neutrones.

El relleno de los lisímetros fue realizado, en capas, respetando la secuencia de horizontes del suelo local así como la densidad aparente correspondiente a cada horizonte.

Cada lisímetro se regó con 3 goteros autocompensados de 4 L h^{-1} a 0,63 m de distancia, ubicados en línea (Figura N° 1), totalizando 12 L h^{-1} . El manejo de los riegos se fue ajustando como para producir un ligero drenaje en el lisímetro que aloja a la planta de mayor tamaño y asegurar un contenido no limitante de agua en todos ellos.

La variación de humedad en el suelo de relleno de cada lisímetro se registró con una sonda de neutrones marca CPN, modelo 503 DR Hydroprobe. Se efectuaron medidas dos veces por semana, antes de realizar el riego correspondiente, a las siguientes profundidades pre-establecidas: 0,20; 0,40; 0,60 y 0,80 m. (García Petillo y Castel, 2007; Iniesta *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2010). El método de la sonda de neutrones se calibró con el método gravimétrico, para cada una de las profundidades de medidas (Haverkamp *et al.*, 1984).

Diariamente se registró el volumen de agua de entrada a los lisímetros (riego), registrando el tiempo de riego previa calibración del caudal de los goteros y el volumen de drenaje (en cada lisímetro).

La ETc se calculó por balance de volúmenes mediante la fórmula:

$$ETc = R - D \pm \Delta Hs$$

Siendo:

ETc - evapotranspiración real del olivo

R - riego

D - drenaje

ΔHs - variación de humedad en el suelo

Se eliminaron los períodos de datos de consumo en los que:

- 1) El agua disponible descendió por debajo del 50%, debido a que en la bibliografía se hace referencia a que es posible permitir un 75% de agotamiento del agua disponible sin que se afecte la producción del olivo (Orgaz y Fereres, 2008). No se tuvieron en cuenta los descensos de humedad en la profundidad de 20 cm donde el agua pudo perderse por evaporación independientemente del consumo del cultivo (Pereira, 2004).
- 2) El drenaje estuvo obstruido y el agua disponible subió por encima de 100 %.
- 3) Las medidas de potencial xilemático fueron menores a -1,5 MPa, atendiendo a que en la bibliografía se citan valores normales para árboles regados entre -0,8 y -2 MPa (Moriana y Fereres, 2002; Sellés *et al.* 2006).
- 4) Las plantas grandes manifestaron síntomas de estrés con caída de hojas inmediato a su plantación en los lisímetros. Recuperándose a partir de los meses de diciembre de 2010 (lisímetro 10) y enero de 2011 (lisímetro 3).

Se calculó la ETo con la fórmula Penman-Monteith modificada por FAO (ETo-PM) (Allen *et al.*, 1998), utilizando los datos climáticos diarios de la Estación Experimental Las Brujas ubicada a 500 m del ensayo.

Los valores de consumo, ETc L d⁻¹ se promediaron para períodos de 7-14 días debido a los cambios de retención del agua por el suelo (Aboukaled *et al.*, 1981; Puppo y García, 2009).

Se ajustó el coeficiente de cultivo (Kc), como el cociente entre la ETc medida en el lisímetro referida al marco 5,5 x 2,5 (Puppo, 2009; Allen *et al.*; 2011) y la ETo-PM. Asimismo la ETc fue referida al marco de plantación 5 x 7 con entrefila empastada para simular el marco y manejo comúnmente empleado en los montes de Uruguay. Para esto se ponderó la ETc de los olivos de acuerdo a su porcentaje de cobertura en el marco y asignando a la entrefila empastada un valor de Kc de 0,85.

Resultados preliminares

Se presentan los resultados correspondientes a las dos primeras temporadas de evaluación 2010-11 y 2011-12 porque al momento de esta publicación no se ha terminado de procesar la tercera temporada.

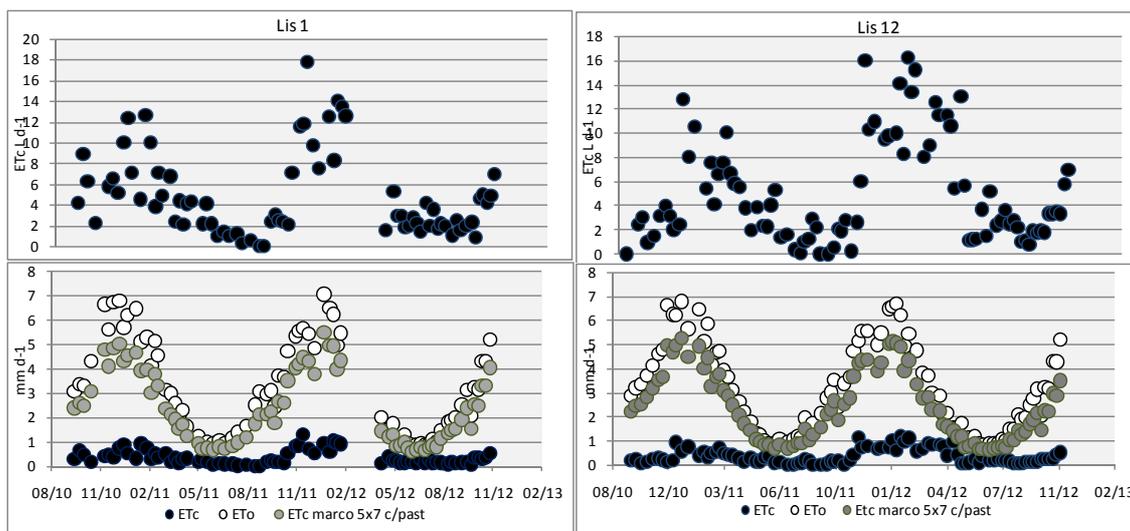


Figura N°2. Consumo de las dos plantas más pequeñas, ubicadas en los lisímetros 1 y 12, en $L d^{-1}$ (arriba). ETc en el marco 2,5 x 5,5 con entrefila sin pasto; ETo y ETc en el marco 5 x 7 con entrefila empastada (abajo).

En las plantas más pequeñas el consumo pico fue alcanzado en enero de 2011 con valores de 12-13 $L d^{-1}$ (plantas ubicadas en los lisímetros 1 y 12 respectivamente) y de 14-16 $L d^{-1}$ para las mismas plantas en enero 2012.

El consumo en $L d^{-1}$ referido al marco 2,5 x 5,5 determinó valores pico ligeramente superiores a 1 $mm d^{-1}$ en ambas plantas y en ambas temporadas (Figura N°2), mientras que cuando fue referido al marco 5 x 7 con entrefila empastada y demandas atmosféricas (ETo) de 7 $mm d^{-1}$ los valores resultantes fueron muy superiores, 5 y 5,5 $mm d^{-1}$. Dado el escaso tamaño de las plantas, con un porcentaje de cobertura del suelo inferior al 3 % en el marco 5 x 7, el consumo hídrico correspondió mayormente al simulado para la pastura. Según estos resultados el valor del Kc para los meses de enero y febrero en montes muy jóvenes, de uno y dos años, fue de 0,74-0,78, respectivamente. Este valor coincide con el propuesto por Allen y Pereira (2009) quienes recomiendan un valor de Kc de 0,75 para montes de olivo con densidades desde 5 % de sombreado y entrefila empastada.

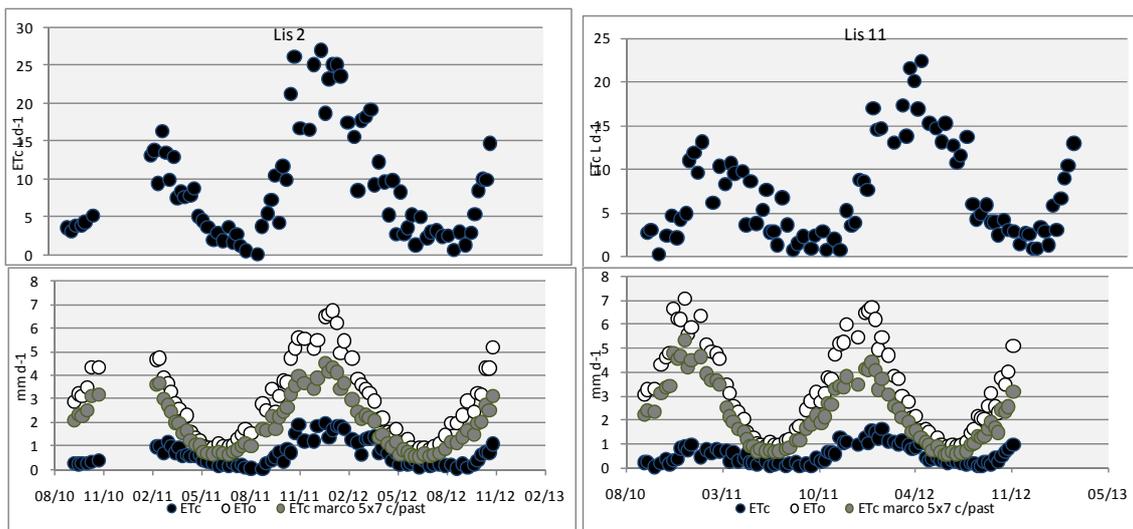


Figura N°3. Consumo de las dos plantas medianas, ubicadas en los lisímetros 2 y 11, en $L\ d^{-1}$ (arriba). ETc en el marco 2,5 x 5,5 con entrefila sin pasto; ETo y ETc en el marco 5 x 7 con entrefila empastada (abajo).

En las plantas medianas el consumo pico de la primer temporada de evaluación fue $16-13\ L\ d^{-1}$ (plantas ubicadas en los lisímetros 2 y 11 respectivamente) y de $27-22\ L\ d^{-1}$ para las mismas plantas en enero 2012. El consumo mantuvo relación con el tamaño de la planta, la planta del lisímetro 2 fue algo más grande que la del lisímetro 11, con una altura de 2,6 m en comparación con 2 m de altura de la planta del lisímetro 11 (datos no presentados). Las plantas medianas (2 años de edad al inicio de la evaluación) cuatuplicaron su volumen en los dos primeros años de evaluación, y multiplicaron por 2,5-2,6 el área sombreada en el mismo período. Este rápido crecimiento se obtuvo manteniendo el suelo con una humedad cercana a capacidad de campo. Con respecto a esto Iniesta *et al.* (2009) reportaron que tanto los árboles sometidos a riego reducido continuo (CDI) como los sometidos a un déficit de riego regulado (RDI) redujeron fuertemente el crecimiento vegetativo en comparación a los árboles bien regados.

El consumo en $L\ d^{-1}$ referido al marco 2,5 x 5,5 determinó valores pico de $2\ mm\ d^{-1}$ y de $1,6\ mm\ d^{-1}$ para las plantas del lisímetro 2 y 11 respectivamente en la segunda temporada (Figura N°3). Cuando el consumo fue referido al marco 5 x 7, se alcanzaron valores de $4,5-4,2\ mm\ d^{-1}$ en enero de 2012 con demandas atmosféricas, ETo, de $7\ mm\ d^{-1}$. Esto determinó valores de Kc de 0,64-0,6 para enero en montes con 11-14 % de cobertura.

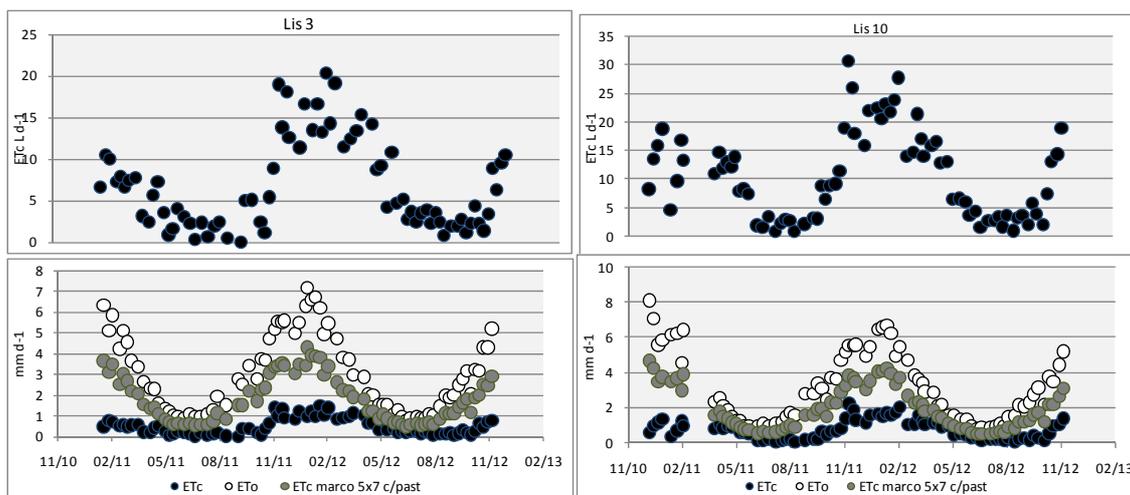


Figura N°4. Consumo de las dos plantas grandes, ubicadas en los lisímetros 3 y 10, en $L d^{-1}$ (arriba). ETC en el marco 2,5 x 5,5 con entrefila sin pasto; ETo y ETC en el marco 5 x 7 con entrefila empastada (abajo).

En las plantas grandes el consumo pico de la primera temporada de evaluación fue 10-19 $L d^{-1}$ (plantas ubicadas en los lisímetros 3 y 10 respectivamente) y de 20-30 $L d^{-1}$ para las mismas plantas en enero 2012. Se descartó de la evaluación el período anterior a diciembre de 2010 y enero de 2011, para las plantas ubicadas en el lisímetro 10 y 3 respectivamente, debido a la caída de hojas que sufrieron luego del trasplante.

El consumo en $L d^{-1}$ referido al marco 2,5 x 5,5 determinó valores pico de 1,5-2 $mm d^{-1}$ para las plantas ubicadas en el lisímetro 3 y 10 respectivamente en la segunda temporada de evaluación (Figura N°4). Estas plantas superaron los 3 m de altura y los 3 m de diámetro en la segunda temporada, con un porte algo mayor de la planta ubicada en el lisímetro 10 (datos no presentados). Cuando el consumo es referido al marco 5 x 7, los valores alcanzaron los 4,2-4,3 $mm d^{-1}$ en ambas plantas en enero de 2012 con demandas atmosféricas, ETo, de 7 $mm d^{-1}$. El valor del Kc fue 0,60 para el mes de enero en montes con 15 % de cobertura y entrefila empastada. Este valor de Kc es inferior al recomendado por Allen y Pereira (2009) de 0,75, quienes no hacen distinción entre las distintas densidades de monte cuando el manejo es con entrefila empastada. La mayoría de los Kc reportados en la bibliografía internacional corresponden a un manejo de suelo desnudo en la entrefila y montes maduros con un porcentaje de cobertura superior al 40 %.

Consideraciones finales

El consumo en $L d^{-1}$ guardó estrecha relación con el tamaño de la planta, tanto con el área proyectada por la copa como con la altura de la misma.

Si se asegura un buen drenaje del suelo, el riego sin limitantes resultó en un rápido crecimiento de las plantas. Las plantas medianas (2 años de edad al inicio de la evaluación) cuatuplicaron su volumen en los dos primeros años de evaluación, y multiplicaron por 2,5-2,6 el área sombreada en el mismo período. Esto confirma que en el caso de montes de olivo jóvenes, cualquier estrategia de riego deficitario supone una reducción en el crecimiento, demorando la entrada en plena producción.

En montes jóvenes con porcentaje de cobertura inferior al 60 % y regados con riego localizado, se deberá corregir la ETC por un coeficiente de localización que contemple el estado de desarrollo del monte.

Agradecimientos

-INIA Las Brujas. A la Institución por poner a nuestra disposición sus instalaciones y a todo el personal por colaborar en forma permanente para el buen desarrollo de este trabajo.

- En forma particular a los técnicos de campo Sr. César Burgos y Sr. Nerú Bentancor, quienes fueron responsables del registro diario de los datos.

Bibliografía

- ABOUKHALED, A. A.; ALFARO, A.; SMITH, M. 1981. Los lisímetros. FAO. Paper 39. Roma. 68p.
- ALLEN, R.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper 56, Rome. 300p.
- ALLEN, R.; PEREIRA, L. S. 2009. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. Irrigation Science DOI: 10.1007/s00271-009-0182-z. On line
- ALLEN, R.; PEREIRA, L. S.; HOWELL, T. A.; JENSEN, M. E. 2011. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurements accuracy. Agricultural Water Management 98: 899-920.
- FERNÁNDEZ, J. E.; MORENO, F. 1999. Water use by olive tree. J. Crop Prod. 2:101-162.
- GARCÍA PETILLO, M.; CASTEL, J. R. 2007. Water balance and crop coefficient (K_c) estimation of a citrus orchard in Uruguay. Spanish Journal of Agricultural Research 5(2): 232-243.
- HAVERKAMP, R.; VAUCLIN, M. and VACHAUD, G. 1984. Error analysis in estimating soil water content from neutron probe measurements: 1. Local standpoint. Soil Science 137(2):78-90.
- INIESTA, F.; TESTI, L.; ORGAZ, F.; VILLALOBOS, F. J. 2009. The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. Europ. J. Agronomy 30:258-265.
- MORALES, P.; GARCÍA PETILLO, M. HAYASHI, R.; PUPPO, L. 2010. Respuesta del duraznero a diferentes patrones de aplicación de agua. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14 (1): 17-24.
- MORIANA, A.; FERERES, E. 2002. Plant indicators for scheduling irrigation of young olive trees. Irrig. Sci. 21: 83-90.
- MORIANA, A.; ORGAZ, F.; PASTOR, M.; FERERES, E. 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128(3):425-431.
- ORGAZ, F.; FERERES, E. 2008. Riego. In: El cultivo del olivo. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, 6ª ed. 336-362.
- PEREIRA, L. S. 2004. Necesidades de Água e Métodos de Rega. Publ. Europa-América, Lisboa, 313p.
- PUPPO, L. 2009. Determinación del consumo hídrico del duraznero (*Prunus presica* L. Batsch) mediante lisimetría de compensación con napa freática constante. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, 100p.

- PUPPO, L.; GARCÍA PETILLO, M. 2010. Determinación del consumo hídrico del duraznero mediante lisimetría de compensación con napa freática constante. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14 (1): 25-31.
- SELLÉS, G; FERREYRA, R., SELLÉS, I.; LEMUS, G. 2006. Efecto de diferentes regímenes de riego sobre la carga frutal, tamaño de fruta y rendimiento del olivo cv. Sevillana. Agricultura Técnica (Chile) DOI: 10.4067/SO365-28072006000100006. On line.