

EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO SOBRE EL CONTENIDO DE SUSTANCIAS RESPONSABLES DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA EN ACEITES VIRGENES DE OLIVA (*Olea europaea* L.) CV. FARGA

Monteleone, J. ¹; J. Morábito ², A. Gascón ³, C. Zuritz ⁴

¹Becaria de CONICET-Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, Mendoza, Argentina
TE: 0261 - 4135000 int. 1304 – E-mail: jmonteleone@conicet.gov.ar
²FCA UNCuyo - INA. ³FCA UNCuyo ⁴ CONICET

RESUMEN

La estabilidad oxidativa de los aceites de oliva vírgenes adquiere una notable importancia comercial, ya que su deterioro se caracteriza por cambios físico químicos, descenso del valor nutricional, aparición de “rancidez” e incluso problemas de toxicidad. Polifenoles, tocoferoles y carotenoides presentes en el aceite de oliva son antioxidantes naturales que retrasan la oxidación, mientras que las clorofilas pueden actuar como antioxidantes o pro oxidantes. El contenido de estas sustancias en los aceites, está vinculado a la ejecución de adecuadas prácticas agrícolas, en tiempo y forma. Algunas experiencias muestran que los aceites de oliva obtenidos de olivares con riego deficitario controlado presentan mayor contenido de sustancias antioxidantes, principalmente polifenoles.

El objetivo del presente estudio consiste en analizar el efecto de distintas estrategias de riego, sobre el contenido de sustancias responsables de la estabilidad oxidativa de los aceites de oliva vírgenes (polifenoles, clorofilas y carotenoides), variedad Farga.

El ensayo se realizó en un monte comercial de olivos adultos, con riego por goteo, durante el presente ciclo (2009-2010). El diseño estadístico es de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y cuatro plantas por parcela experimental. Se aplicaron dos tratamientos de riego: un tratamiento control que recibió el 100% de la demanda evapotranspiratoria del cultivo (ETc) durante todo el ciclo y uno deficitario que recibió el 50% de la ETc a partir de endurecimiento de carozo (8 de enero) y hasta cosecha.

Desde el inicio del riego deficitario se monitoreó el estado hídrico de las plantas a través del potencial hídrico del tallo a mediodía (PHT) y el contenido de humedad del suelo. La extracción de muestras de aceitunas se inició en pre-envero y se extiende hasta completa maduración. Sobre el aceite extraído por métodos mecánicos se determina: Humedad (estufa de aire a 103°C ±2); grasas totales (Soxhlet); clorofilas y carotenoides (espectrofotometría a 670 nm y 472 nm) y polifenoles totales (absorbancia a 725 nm).

Los resultados obtenidos hasta el momento mostraron diferencias en el estado hídrico de las plantas entre los tratamientos desde el inicio del período de restricción hídrica. Los valores de PHT llegaron a -4 MPa en el tratamiento deficitario, mientras que en el tratamiento control los valores de PHT fueron de -1,5 a -2 MPa. Los frutos en las plantas con riego deficitario mostraron deshidratación en reiterados momentos del período de restricción. Se está analizando el contenido de polifenoles totales, clorofilas y carotenoides en los aceites obtenidos.

Palabras clave: riego olivos, polifenoles, carotenoides, clorofilas, cultivar Farga.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias alimentarias internacionales están totalmente enfocadas a la generación de normativas que estandaricen y rijan las prácticas que aseguren la calidad e inocuidad de los alimentos que llegan al consumidor. En el inicio de la cadena agroalimentaria está la producción primaria agrícola que lentamente se va adaptando a las exigencias modernas de trazabilidad, con las denominadas Buenas Prácticas Agrícolas o BPA.

La cadena o fila productiva olivícola tiene dos aspectos importantes que son la producción de aceitunas de mesa (55% de la producción primaria nacional) y aceites de oliva (45% de la producción nacional), según la evaluación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA, 2009).

La estabilidad en los aceites de oliva vírgenes tiene una notable importancia desde el punto de vista comercial. El deterioro oxidativo se caracteriza por cambios físicos y químicos, descenso del valor nutricional y aparición de rancidez e incluso problemas de toxicidad. En el caso particular de los aceites de oliva mendocinos, se ha mencionado que sus bondades y buenos atributos de calidad se ven opacados por la variabilidad en su **estabilidad oxidativa**, que se refleja por la facilidad al deterioro oxidativo con formación de radicales superóxidos o peróxidos.

El aceite de oliva está formado principalmente por acilglicéridos, fracción que representa entre el 98,5% y el 99,5% del peso del aceite, con predominio en ellos de ácidos grasos mono y poliinsaturados que son los responsables de la inestabilidad oxidativa (Civantos L., 1999). El grupo de componentes minoritarios (hidrocarburos, esteroides, alcoholes triterpénicos, tocoferoles, fenoles, pigmentos, compuestos volátiles y aromáticos) tiene importancia desde el punto de vista del valor biológico del aceite, de sus características organolépticas y de su conservación. Polifenoles, tocoferoles y carotenoides presentes en el aceite de oliva son antioxidantes naturales que retrasan la oxidación, mientras que las clorofilas pueden actuar como antioxidantes o pro-oxidantes. El contenido de estas sustancias en los aceites, está vinculado a la ejecución de adecuadas prácticas agrícolas, en tiempo y forma.

La composición del aceite de oliva es la resultante de interacciones entre factores genéticos, ambientales y tecnológicos que marcan tanto la fase de desarrollo y de maduración del fruto como de su transformación (Montedoro y Servili, 1991). Por ello, resulta fundamental conocer la respuesta del olivo a diferentes estrategias de manejo, no sólo sobre la producción sino también sobre la calidad de productos manufacturados. (María Chova y colab., 2000). Diversas experiencias muestran que los aceites de oliva obtenidos de olivares con riego deficitario controlado presentan mayor contenido de sustancias antioxidantes, principalmente polifenoles. Se ha estudiado el efecto de la aplicación de diferentes niveles de riego a olivos sobre la actividad de la fenilalanina amonio liasa o PAL, enzima clave en el metabolismo fenólico, observándose una mayor actividad enzimática cuanto menor es el volumen de agua aplicada a los árboles (Patumi y col., 1998). En estudios similares, se observó que la aplicación de dosis crecientes de agua de riego a olivos jóvenes de la variedad Arbequina, tiene un claro efecto sobre el contenido de pigmentos fotosintéticos del aceite y sobre el contenido de polifenoles. Es en los aceites correspondientes a los tratamientos con mayor aporte de agua donde el contenido de polifenoles, pigmentos clorofílicos y carotenoides es notablemente inferior, lo que implica una disminución de la estabilidad de los aceites frente a la oxidación y un menor índice de amargor (k_{225}). En el extremo opuesto, los aceites de los

tratamientos menos regados, presentan un elevado contenido de polifenoles y por lo tanto una mayor resistencia a la oxidación, pero con el inconveniente de resultar aceites amargos. Sobre la base de estos resultados y desde el punto de vista de la composición del aceite, los tratamientos más adecuados parecen encontrarse en las posiciones intermedias (Tovar De Dios, 2001). Berenguer y Faci, (2001) observaron que el contenido de polifenoles, el amargor y la estabilidad oxidativa fueron significativamente mayores en los aceites de secano. Varios trabajos sobre el efecto de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) aplicadas durante el periodo estival, confirman una mayor estabilidad oxidativa en aceites provenientes de los tratamientos de riego deficitarios (Ortega y col., 2001; Berenguer y Faci, 2001; Vita Serman, 2008, d'Andria, 2008).

El principal grupo de antioxidantes presente en la aceituna madura y en el aceite de oliva está lo constituido por los compuestos fenólicos. Varios trabajos han relacionado el contenido en polifenoles con algunos parámetros utilizados para determinar la estabilidad de los aceites frente a la oxidación. Diferentes autores encontraron una correlación significativa entre los polifenoles totales y la estabilidad del aceite medida como índice de peróxidos (Montedoro y col., 1992; Beltrán y col., 2000, Gutiérrez Rosales, 2006).

Los pigmentos presentes en el aceite de oliva se dividen en dos grupos: los pigmentos clorofilicos y los carotenoides. Una proporción de los pigmentos clorofilicos de la oliva se transforma en feofitinas. En todos los aceites la 'feofitina a' resultó ser el componente principal (44-58% de los pigmentos totales), seguido por luteína (18-38%) y β -caroteno (6-17%) (Gandul y Mínguez, 1996). La composición y el contenido total de pigmentos presentes de forma natural en el aceite de oliva, son importantes parámetros para la determinación de su calidad. Desde un punto de vista nutricional, la fracción carotenoide, principalmente el β -caroteno, constituye el factor pro-vitamina A.

La mayoría de los aceites contienen fotosensibilizadores, como las clorofilas y feofitinas que se activan cuando este es expuesto a la luz, dando lugar a la formación de hidroperóxidos. El aceite de oliva virgen es muy sensible a la fotooxidación, debido a su contenido en pigmentos (clorofilas y feofitinas), aunque en ausencia de luz, algunos actúan como antioxidantes (TDC Olive, 2005).

Dada la importancia del contenido de polifenoles, clorofilas y carotenoides en la estabilidad de los aceites y debido a que en la actualidad no hay estudios sistemáticos para las condiciones agroecológicas del oeste argentino (clima árido con menos de 200 mm anuales de precipitación y cultivos de regadío), que vinculen la influencia de prácticas agrícolas con el contenido de dichas sustancias en los frutos y su transferencia a los aceites, se plantea en el presente trabajo, un estudio que explique esta vinculación.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos condiciones de riego (reposición del 100% de la evapotranspiración del cultivo (Etc) y RDC reponiendo el 50% de la ETC a partir de endurecimiento de carozo) sobre el contenido de sustancias responsables de la estabilidad oxidativa de los aceites de oliva vírgenes, de la variedad Farga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal: El ensayo se realizó en un monte comercial de olivos adultos de la variedad Farga, ubicado en Maipú (33° 01'S, 68° 42' O, 764 m.s.n.m.), durante el presente ciclo (2009-2010). La distancia de plantación es de 6 metros entre hileras y entre plantas. El suelo es de origen aluvial, de textura franco a franco arenoso con abundante pedregosidad, alcanzando un 50% de pedregosidad a partir de los 60 cm de profundidad. El sistema de riego es goteo con cuatro laterales por hilera. Los emisores son goteros integrados autocompensados, con un caudal de 1,6 l.h⁻¹. y la distancia entre ellos es de 80 cm.

Se aplicaron dos tratamientos de riego: un tratamiento control que recibió el 100% de la demanda evapotranspiratoria del cultivo (ETc) durante todo el ciclo (T 100%) y un tratamiento deficitario que recibió el 50% de la ETc a partir de endurecimiento de carozo (principio de enero) y hasta cosecha (T 50%). El resto del ciclo se regó cubriendo el 100% de la ETc.

Ambos tratamientos de riego se aplicaron bajos dos condiciones de poda: plantas sin podar (control) y plantas con una poda de raleo. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales están formadas por cuatro árboles continuos en la hilera (dos extremos como borduras y los dos centrales como unidades de medición). Para la selección de las parcelas se calificó visualmente cada planta considerando las siguientes características: estructura (formación, número de ramas primarias y distribución de las mismas), vigor, desarrollo vegetativo y relación hoja/madera.

Programación del riego: el riego se aplicó “a tiempo real” reponiendo los consumos diarios estimados (ETc). El cálculo de las necesidades de riego se realizó utilizando la metodología propuesta por Pizarro (1996). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se obtuvo de la estación meteorológica Junín que utiliza la ecuación de Penman-Monteith, modificación FAO 1991. Los valores de coeficiente de cultivo (Kc) se estimaron según la metodología FAO Riego y Drenaje 56. Esta recomienda para olivos con un 40-60% de cobertura de suelo por parte del dosel y con una altura máxima entre 3 y 5 metros, valores de Kc para las distintas etapas del cultivo: Kc inicia l= 0.65; Kc medio = 0.70 y Kc final = 0.70. Estos valores se corrigieron según las condiciones agroclimáticas locales con las fórmulas indicadas en la metodología.

En las plantas con tratamiento de riego deficitario se tapó el 50% de los goteros que regaban cada planta, con cintas plásticas “tapagoteros” a fin de lograr el déficit deseado a partir del período de restricción.

Medición del potencial hídrico de la planta: a fin de evaluar la respuesta de la planta a las dos estrategias de riego, se midió semanalmente el potencial hídrico xilemático al mediodía. Se utilizó una cámara de presión o cámara de Scholander modelo 4.0 Biocontrol.

Control de humedad de suelo: para monitorear el estado hídrico del suelo se extrajeron muestras en forma quincenal de cada tratamiento de riego a fin de determinar humedad gravimétrica. Las muestras de suelo se extrajeron en los primeros 40 cm de profundidad.

Extracción de muestras de frutos: La cosecha de aceitunas se realizó desde pre-verano hasta completa maduración. Se extrajeron muestras de aceitunas en 4 oportunidades con un intervalo de 15 días entre ellas, considerando un período de maduración de 60 días. Se tomaron muestras de 2,5 kilogramos de aceitunas cosechadas de un cuarteo representativo de diversas partes del árbol.

Extracción de aceite virgen: las aceitunas se lavaron y luego se sometieron, en laboratorio, a molienda con molino de tornillos. La pasta obtenida se termo-amasa y la separación de fases sólida y líquidas se realiza por prensa. El mosto oleoso se somete a decantación para separar el aceite y posterior filtración.

Determinaciones analíticas en aceites vírgenes:

Clorofilas y carotenoides: La valoración global del contenido en pigmentos clorofílicos y carotenoides se ha realizado siguiendo el método propuesto por Mínguez y col., (1991) que se basa en determinar la absorbancia de una disolución de aceite de oliva a la longitud de onda de máxima absorción del componente mayoritario de la fracción clorofílica y carotenoide, es decir, la feofitina *a* y la luteína respectivamente.

Polifenoles totales: la determinación de los polifenoles totales se realizó por espectrofotometría UV-Visible de acuerdo con el método descrito por Vázquez y col. (1973). Se introduce como modificación la utilización del reactivo Folin-Ciocalteu en vez de Folin-Denis.

RESULTADOS PARCIALES

a) Riego

En la Tabla 1 se presenta la lámina total recibida en ambos tratamientos de riego durante el ciclo del cultivo. Las precipitaciones fueron escasas y se produjeron concentradas en los meses de febrero y marzo siendo la precipitación efectiva de 28,8 mm.

El tratamiento de riego deficitario se inició a principios de enero, simultáneamente al proceso de endurecimiento de carozo en el fruto. Hasta esa fecha ambos tratamientos recibieron los mismos volúmenes de agua.

Si se considera el total de agua recibida (riego y precipitación efectiva), el tratamiento con riego deficitario recibió 75% del agua total del tratamiento control (T 100%), lo cual representa un ahorro del 25% de agua de riego en el tratamiento restrictivo.

Tabla 1. Agua total (riego y precipitación efectiva) recibida en los tratamientos de riego

Cantidad de agua recibida (mm)						
Tratamiento	Previo al inicio de los tratamientos de riego (09/2009-01/2010)		A partir de los tratamientos de riego (01/2010-05/2010)		Total	
	Riego	Ppe*	Riego	Ppe	Riego + Ppe	%
T 100% Etc	301	0	323,0	28,8	652,8	100,0
T 50% Etc	301	0	161,7	28,8	491,5	75,3

*Ppe: precipitación efectiva

b) Control del riego

En la Tabla 2 se observa que los valores promedio de la humedad gravimétrica del suelo y del potencial xilemático al mediodía, durante todo el período de restricción presentaron diferencias entre ambos tratamientos. Los valores de humedad gravimétrica corresponden a

los primeros 40 cm del perfil del suelo debido a que la elevada pedregosidad no permitió la extracción a mayor profundidad, por lo que no se pudo determinar el contenido de humedad próximo a la profundidad efectiva de raíces (80 cm).

Tabla 2. Humedad gravimétrica del suelo en el perfil 0-40 cm (g%g) y potencial hídrico xilemático a mediodía (MPa). Valores promedio del período de restricción

Tratamiento	Humedad en el perfil 0-40 cm (g%g) ¹	Potencial hídrico xilemático a mediodía (MPa)
Sin Poda		
T 100%	20,04 DEVEST: 2,36	-1,72 DEVEST: 0,20
T 50%	10,16 DEVEST: 2,16	-2,90 DEVEST: 0,64
Con Poda		
T 100%	21,27 DEVEST: 1,99	-1,78 DEVEST: 0,21
T 50%	13,24 DEVEST: 3,43	-2,66 DEVEST: 0,65

DEVEST: desviación estándar.

En la Figura 1 puede observarse la evolución del potencial hídrico xilemático (PHT) a mediodía a partir del inicio de la aplicación del tratamiento de RDC. Desde el inicio de la restricción hídrica y durante casi todo este período se presentaron diferencias entre ambos tratamientos de riego, tanto bajo condiciones de poda como en las plantas sin podar. Las diferencias entre tratamientos disminuyeron en dos momentos que coinciden con las dos precipitaciones más importantes que se registraron (3 de febrero y 19 de marzo).

Los valores de PHT llegaron a -3,8 MPa en el tratamiento deficitario, mientras que en el tratamiento control los valores de PHT se mantuvieron entre -1,5 a -2 MPa. Los frutos en las plantas con riego deficitario mostraron deshidratación en reiterados momentos del período de restricción.

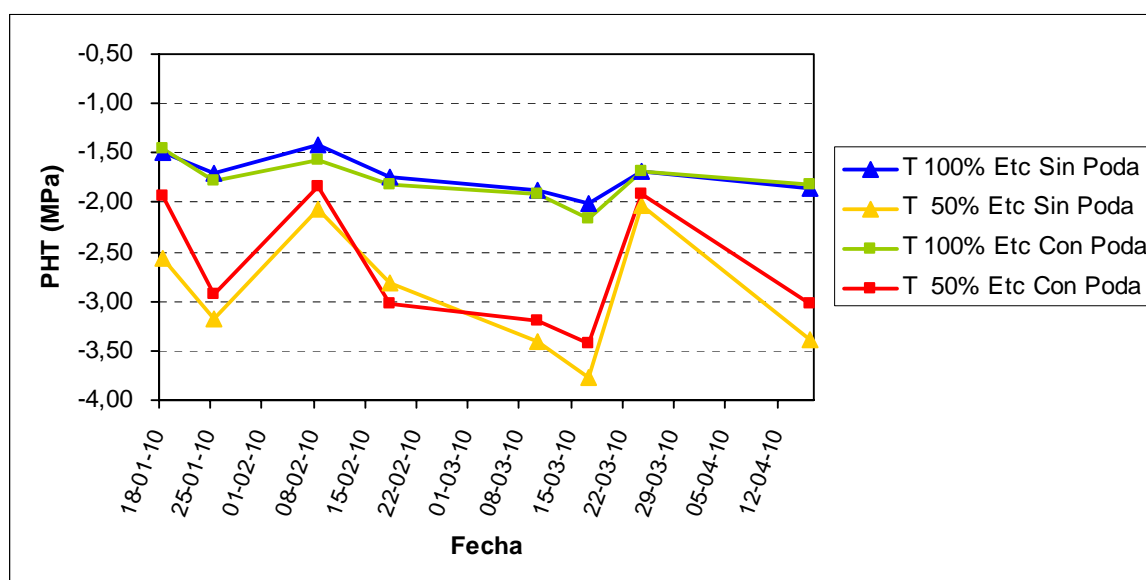


Figura 1. Variación del potencial hídrico de tallo (PHT) al mediodía a partir del inicio del ensayo de riego deficitario. Cada valor de PHT representa la media de 8 mediciones.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados parciales confirman que el PHT mediodía es un buen indicador del estado hídrico en plantas de olivo, tal aseveración coincide con trabajos de otros autores (Moriana et al, 2002). Este indicador evidenció el estrés de las plantas bajo tratamiento de riego deficitario controlado.

Los aceites obtenidos de cada tratamiento están a la fecha siendo evaluados en sus contenidos de polifenoles, clorofilas y carotenoides.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán G., Jiménez A., Aguilera M., Uceda M. (2000) **Análisis mediante HPLC de la fracción fenólica del aceite de oliva virgen de la variedad Arbequina. Relación con la medida del amargor K225 y la estabilidad.** Grasas y Aceites Vol. 51.Fasc. 5.
- Berenguer M.J., Faci, J.M. (2001). **Efecto del riego en la producción y calidad del aceite de cv. Arbequina (*Olea europaea* L.) en Aragón.** www.expoliva.com/expoliva2001/
- Civantos López-Villalta, Luis. (1999). **Obtención del Aceite de Oliva Virgen.** Ed. Agrícola Española S.A. 2ª edición.
- d'Andria, Ricardo, 2008. **Olive responses to different irrigation management in the Mediterranean environment.** CNR – Institute for Agricultural and Forest Mediterranean Systems. IV Jornadas de actualización en riego y fertirriego. En CD de trabajos presentados. www.inta.gov.ar/mendoza/IV_jornadas.
- Faci, J.M.; Berenguer, M.J.; Gracia, S.; Espada, J.L. (2000). **Effect of variable water irrigation supply in olive (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina in Aragón (Spain). II. Extra virgin oil quality parameters.** Actas del IV International congress on Olive growing. Bari, Italy. 4-87.
- F. Gutiérrez Rosales (2006). **Papel de los polifenoles en la oxidación del aceite de oliva virgen.** Proyecto CAO98-006. Instituto de la Grasa (CSIC). www.inia.es/gcontrec/pub/98006_1065007520687.pdf
- Gandul Rojas, B.; Mínguez Mosquera, M.I. (1996). **Chlorophyll and carotenoid composition in virgin olive oils from various Spanish olive varieties.** *J. Sci. Food Agric.* 72, 31-39.
- Girona, J. 2001. **Estrategias de riego deficitario controlado en olivar.** En: Programación de riegos en olivar. Ed. M. Pastor et al. Conserjería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Pag. 40-57.
- María Manuela Chova, Francisco Peña, Mª del Carmen del Campillo, Antonio Delgado, María Ángeles Díaz. **“Efecto de la corrección de la clorosis férrica en olivar con fosfato de hierro en los parámetros de calidad del aceite de oliva virgen”** - Edafología. Volumen 7-2. Mayo 2000. pag 9-15
- Mínguez- Mosquera M.I. Rejano- Navarro L., Gandul –Rojas B., Sánchez- Gómez A.H. and Garrido Fernández J. (1991) **Color- Pigment Correlation in Virgen Olive Oil.** *JAACS* (68) 332-336.
- Montedoro G., Servili M., Baldiolo M., Miniati E. (1992). **Simple and hydrolizable phenolics compounds in virgin olive oil. Their extraction, separation and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC.** *Journal Agric. Food Chem.* 40, 1571-1576.
- Moriana A. and Fereres E. 2002. Plant indicators for scheduling irrigation of young olive trees. *Irrigation Science* 21:83-90.
- Montedoro, G.; Servili, M. (1991). **Chimica e qualità dell' olio di oliva: i fattori che la condizionano.** *Atti Convegno “L' olio di oliva ed il suo futuro”* Spoleto 6-7 diciembre, 33-55.

- Proyecto TDC Olive. (2005) **Alteraciones y pérdida de la calidad en aceituna de mesa y aceite de oliva.** IMIDRA Instituto Madrileño de Investigación y desarrollo rural, agrario y alimentario. www.asajasev.es
- Puertas, Carlos Marcelo (2009). Efecto del riego deficitario controlado sobre el rendimiento y calidad de aceite en olivo (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina. Tesis de maestría. FCA-UNCuyo, INTA, INA. Biblioteca de la FCA- UNCuyo, Mendoza – Argentina.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. [http:// www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar)
- Tovar De Dios M.J. (2001). **Estudio del efecto de la aplicación de diferentes estrategias de riego al olivo (*Olea europaea* L.) de la variedad Arbequina sobre la composición del aceite.** www.tesisenxarxa.net
- Trentacoste E., C. Puertas y V. Sadras. (2010). Effect of fruit load on oil yield components and dynamics of fruit growth and oil accumulation in olive (*Olea europaea* L.). *European Journal of Agronomy* 32 (2010) 249–254.
- Vita Serman, F. et al (2008). **Control inteligente de riego en un olivar (*Olea europaea* L.) un nuevo enfoque para la optimización en el uso de recursos hídricos.** En CD de trabajos presentados. www.inta.gov.ar/mendoza/IV_jornadas.