

# El Estrés Hídrico y La Formación de Aceite de Oliva



## 1.- Introducción

---

## 2.- ¿Cómo se produce la lipogénesis?

---

## 3.- Momentos críticos para el estrés hídrico

---

## 4.- Descripción del ensayo

---

## 5.- Resultados

---

## 6.- Conclusiones

---



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL**

**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional



*El estrés hídrico y la formación de aceite de oliva.* [Leyva, A.; Hidalgo, J.C; Vega, V.; Pérez, D.; Hidalgo, J.] - Córdoba. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2017. 1-12 pp. - (Área de Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria).

Riego, olivar, sequía, estrés hídrico, riego deficitario.



Este documento está bajo Licencia Creative Commons.  
Reconocimiento-No comercial-Sin obra derivada.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

*El estrés hídrico y la formación de aceite de oliva.*

© Edita JUNTA DE ANDALUCÍA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.  
Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.  
Córdoba, marzo de 2017.

**Autoría:**

Ana Leyva Bollero <sup>1</sup>

Juan Carlos Hidalgo Moya <sup>1</sup>

Victorino Vega Macías <sup>1</sup>

Daniel Pérez Mohedano <sup>1</sup>

Javier Hidalgo Moya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFAPA, Centro Alameda del Obispo

**Agradecimientos:** A José y Antonio Millán Tarradas, propietarios de la finca La Reina de Santa Cruz (Córdoba), donde se ha desarrollado el ensayo.

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 1.- Introducción



Foto 1. Olivar en riego

Tabla 1. Superficie olivar en Andalucía.

	RIEGO ha	SECANO ha	TOTAL ha
Aceituna de mesa	47,318	48.440	101.902
Aceituna de almazara	475.853	974.508	1.450.711
Total	523.171	1.026.796	1.549.967

Anuario de Estadísticas Agrarias de la Junta de Andalucía, 2014

La climatología tiene una gran influencia final sobre la cosecha de aceituna y también sobre la formación de aceite. Durante el año 2016 el rendimiento graso ha sido, por lo general, inferior a la media de años anteriores en la mayoría de olivares. La cuantía de las lluvias y su reparto a lo largo del año influyen de manera notable en los procesos que ocurren a lo largo del ciclo del olivo, tales como la lipogénesis o formación de aceite. El riego es una práctica de cultivo que permite evitar el estrés hídrico y que esos procesos se puedan realizar con éxito.

Actualmente un tercio de los olivares andaluces reciben aportación de agua de riego (Anuario de Estadísticas Agrarias de la Junta de Andalucía, 2014), siendo este porcentaje superior en los olivares cuyo destino final es la aceituna de mesa (**Tabla 1**). En muchos casos el riego es insuficiente para evitar el estrés hídrico, aunque permite que sea menos severo que en el secano, lo que se traduce en una mejora de la producción final.

En el presente trabajo se analiza la influencia que tiene el riego tanto en la formación como en la producción final de aceite en un ensayo de riego iniciado en mayo de 2016.

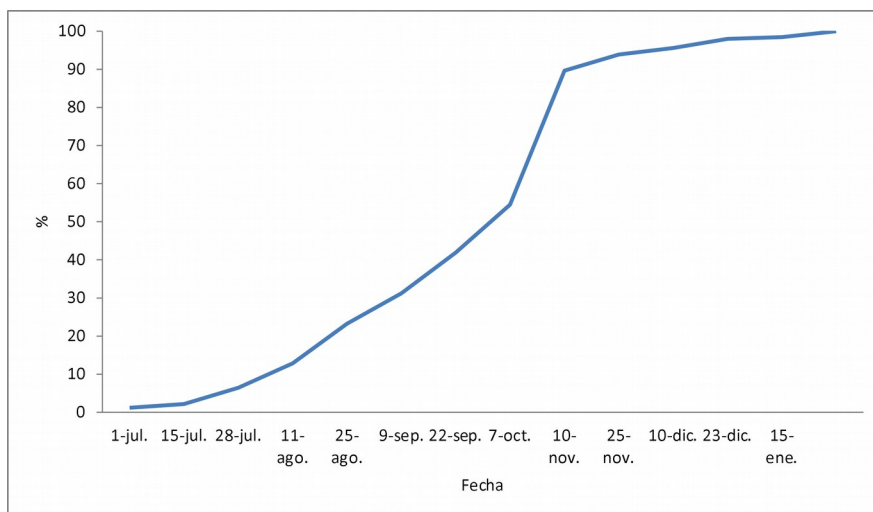
SERVIFAPA dispone de un programa de cálculo de las necesidades de riego del olivar, basado en la metodología del balance de agua propuesto por la FAO, y desarrollado por el Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC) y el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA-CAPyDR-JA). El cálculo se basa en las características edafológicas, climáticas y de la plantación. Puede resultar de gran ayuda para el uso eficiente del agua de riego.

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 2.- ¿Cómo se produce la lipogénesis?

La acumulación de aceite comienza inmediatamente después del endurecimiento del hueso (Beltran et al, 2008). La lipogénesis se puede dividir en **tres fases**:

- **Fase de biosíntesis lenta.** Se da en frutos recién formados hasta el endurecimiento del hueso, lo cual ocurre según las zonas a lo largo del mes de julio. Durante esta fase se forman los lípidos de tipo estructural.
- **Fase de biosíntesis acelerada.** Ocurre tras el endurecimiento del hueso. Se inicia una síntesis activa de diglicéridos y triglicéridos que sufre una notable aceleración durante los meses de agosto y septiembre, para alcanzar su máximo a final de septiembre o inicio de octubre (García Martos y Mancha, 1992), coincidiendo con el cambio de pigmentación del fruto.
- **Fase estacionaria o de ralentización.** En esta fase la velocidad de formación de aceite desciende de manera progresiva hasta desaparecer en la semana 28-29 después de plena floración (primera quincena de diciembre aproximadamente). A partir de ahí, la formación de aceite es muy lenta, siendo la pendiente de la curva casi nula.



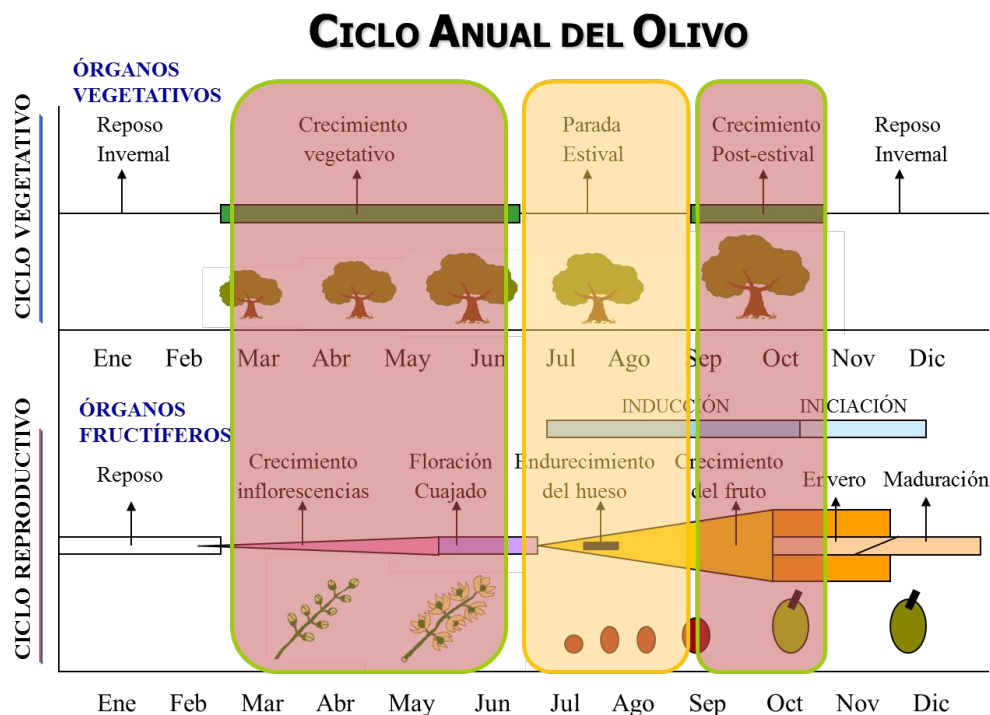
En la **Figura 1** se observan claramente las tres fases comentadas. Corresponde con valores reales de árboles que fueron regados para máxima producción aplicando el método del balance de agua. Al aceite contenido en el fruto en el momento de la recolección se le asigna el valor 100, de manera que cada punto corresponde con el porcentaje de aceite obtenido sobre el total en recolección.

**Figura 1. Evolución del contenido de aceite expresado en porcentaje sobre el total conseguido a final de campaña.**

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 3.- Momentos críticos para el estrés hídrico

La falta de agua en el cultivo para cubrir sus necesidades, denominada **estrés hídrico**, afecta directamente a la fotosíntesis. La respuesta de la planta generalmente se traduce en un cierre estomático más prolongado que en condiciones normales con el fin de reducir la transpiración (con el consiguiente ahorro de agua), lo que afecta directamente al intercambio gaseoso, reduciendo la tasa de fotosíntesis y por tanto la formación de asimilados.



El tiempo de duración y el momento del ciclo en el que se produce el estrés hídrico condicionan la respuesta vegetativa y productiva de la planta.

En la **Figura 2** se marcan las dos épocas del año (color rosa) en las que el estrés hídrico puede tener graves consecuencias para el olivo.

**Figura 2. Ciclo anual del olivo desde el punto de vista vegetativo y reproductivo.**

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 3.- Momentos críticos para el estrés hídrico



**Foto 2. Aceitunas de olivos de secano (arriba) y de olivar de regadío (abajo) tras un otoño seco, cultivadas en el mismo medio productivo. Año 2014.**

**PRIMAVERA.** Es la época del año donde acontecen procesos de gran relevancia en el cultivo. Concurren la **formación de inflorescencias**, con la posterior **floración** y **cuajado de frutos** hasta llegar al endurecimiento del hueso. También acontece la mayoría del **crecimiento de brotes** que dará lugar a las posiciones fructíferas del siguiente año.

En condiciones normales, y con suelos relativamente profundos y alta capacidad de almacenamiento de agua, la lluvia de invierno es suficiente para evitar el estrés hídrico primaveral. No obstante, en algunos olivares en **años con inviernos muy secos** se pueden presentar problemas graves (baja calidad de flor, cuajado deficiente y escaso de crecimiento de los brotes).

**VERANO.** Es la época del año donde se producen las primeras fases de **crecimiento del fruto**. Unas condiciones de estrés hídrico durante la biosíntesis lipídica provocan una reducción de la capacidad de formación de aceite (Lavee, 1991), así como un ralentizamiento en el crecimiento del fruto. En el caso que la aceituna tenga como destino final la producción de aceite, se puede asumir cierto estrés hídrico, que provoca una reducción en el tamaño del fruto. Dependiendo del grado de estrés y de la duración del mismo, la pérdida de producción puede llegar a ser importante.

**OTOÑO.** Es un periodo de gran actividad lipogénica (formación de aceite) y de desarrollo del fruto (tamaño) y es generalmente en nuestras condiciones, el **periodo más sensible al estrés hídrico (Foto 2)**. En esta época es fundamental cubrir las necesidades de agua del cultivo mediante el riego, en el caso que la lluvia sea insuficiente, con el fin de obtener la mayor cantidad de aceite posible. Este momento, junto con el verano, son el objeto de estudio de este trabajo.

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 4.- Descripción del ensayo

En 2016 dio comienzo un ensayo de campo con aporte de diferentes estrategias de riego en función del estado hídrico de los olivos. Se localizó en un olivar adulto de la variedad 'Manzanilla de Sevilla', en la finca La Reina de Santa Cruz (Córdoba).

El marco de plantación es de 7 x 3,5 m (408 lo/ha). El suelo es de textura franca con una profundidad media entre 70 y 80 cm. Se trata de un olivar regado desde su implantación. Los cuatro tratamientos ensayados son los siguientes:

- ETcmax: Riego con aporte variable según el balance de agua (ETc -Precipitación Efectiva Pef).
- RDC1 (riego deficitario controlado 1), para mantener un potencial hídrico a mediodía entre -4 y -5 MPa.
- RDC2: (riego deficitario controlado 2), para mantener un potencial hídrico a mediodía superior a -6 MPa.
- Secano.

El dispositivo experimental diseñado fue en bloque al azar, con 4 repeticiones por tratamiento y parcelas elementales de 4 olivos con doble línea guarda. El volumen de copa de partida del ensayo fue de 11.000 m<sup>3</sup>/ha, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos.

El balance de agua en el suelo se inició en octubre de 2015. Se puede observar (**Tabla 2**) que la precipitación efectiva (Pef) es superior a la evapotranspiración del cultivo (ETc) en todos los meses de otoño-invierno, salvo diciembre y marzo, por lo que en ese periodo se acumula agua en el suelo y no es necesario regar.

**Tabla 2. Precipitación efectiva y Evapotranspiración del cultivo mensuales en Córdoba entre los meses de octubre de 2015 y 2016.**

Mes	Oct15 (mm)	Nov15 (mm)	Dic15 (mm)	Ene16 (mm)	Feb16 (mm)	Mar16 (mm)	Abr16 (mm)	May16 (mm)	Jun16 (mm)	Jul16 (mm)	Ago16 (mm)	Sep16 (mm)	Oct16 (mm)	Total Oct15- Sep16	Jun- Oct 16
ETc	66	43	36	34	41	55	62	81	118	133	121	95	71	885	517
Pef	75	56	14	54	40	29	94	82	9	0	0	0	82	453	9
Diferencia	-9	-13	22	-20	1	26	-32	-1	109	133	121	95	-11	432	508

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 4.- Descripción del ensayo

**Tabla 3. Cantidades de riego aportadas por tratamiento y máximo potencial hídrico a lo largo de la campaña 2016.**

Tratamiento	Riego (m <sup>3</sup> /ha)	P. hídrico (MPa)
ETcmax	5.140	<-3,0
RDC1	1.660	<-4,5
RDC2	1.080	<-6
Secano	0	<-8

El riego se inició en el mes de junio, dado que las precipitaciones de abril y mayo (**Tabla 2**) fueron superiores a la evapotranspiración del cultivo (Etc). Las primeras lluvias otoñales ocurrieron el día 12 de octubre de 2016, lo que supone un periodo de 5 meses sin lluvias (13 de mayo a 12 de octubre). En este intervalo la Etc fue superior a los 500 mm, lo que se traduce en una importante cantidad a aportar mediante riego. Como hemos visto, un retraso en las lluvias condiciona de manera notable el comportamiento del cultivo, que permanece durante más tiempo en situación de estrés hídrico.

En la **Tabla 3** se presentan las cantidades totales de riego aportado en los diferentes tratamientos, así como máximo potencial hídrico de mediodía medido durante el periodo de riego. Se trata de una medida indirecta del estrés hídrico de las plantas, para lo cual se utiliza una bomba de presión (cámara de Scholander). La duración del periodo de riego fue de cinco meses (junio hasta octubre).

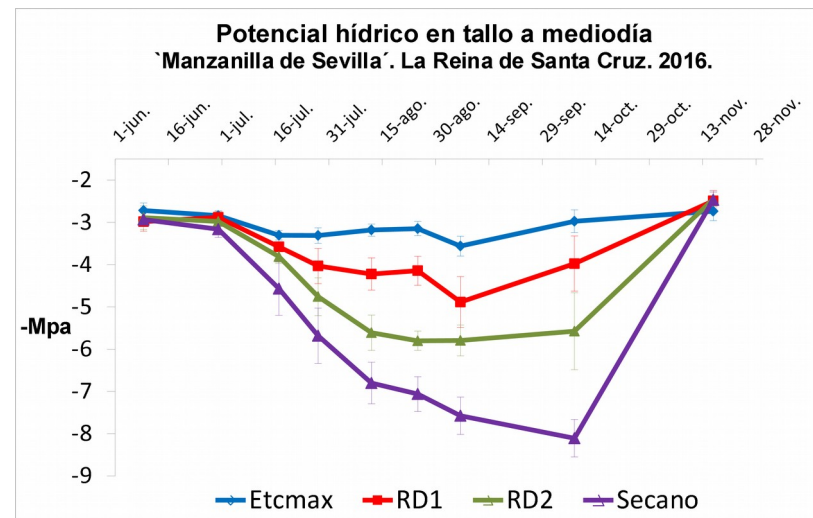
El cálculo de la dosis de riego del tratamiento control (ETcmax) se realizó aplicando el balance hídrico (ETc-Pef), sin tener en cuenta el agua almacenada en el suelo. Dada la condición de ensayo, se pretendió garantizar la ausencia de estrés hídrico en todo momento (potencial hídrico al mediodía en torno a los -3 MPa para las condiciones concretas de la finca), por lo que el agua almacenada en el suelo no se incluyó en los cálculos y actuó como colchón de seguridad para posibles imprevistos (averías puntuales, falta de suministro, etc). De haber utilizado el agua disponible almacenada en el suelo en los cálculos, situación recomendable en fincas comerciales, las necesidades reales de riego habrían sido inferiores, en torno a los 390 mm (3.900 m<sup>3</sup>/ha), según la profundidad y la textura del suelo donde está implantado el olivar.

El aporte de agua de riego en el tratamiento RDC1 (potencial hídrico a mediodía en torno a los -4,5 MPa) ha sido de 1.660 m<sup>3</sup>/ha, el 32% de la aplicada en el tratamiento control. Para el tratamiento RDC2, con potencial hídrico de mediodía superior a los -6MPa, se han aplicado 1.080 m<sup>3</sup>/ha (el 21% de la aplicada en el control). El secano ha permanecido durante la mayoría de la campaña en situación de estrés hídrico severo, llegando a superar los -8 MPa.

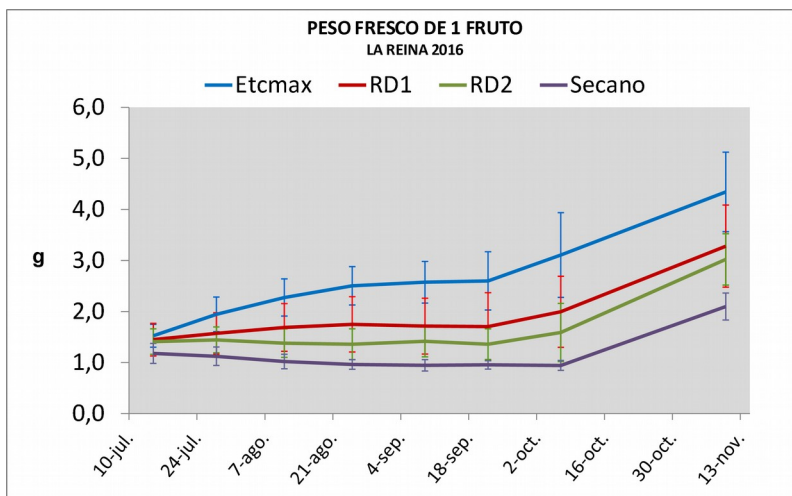
# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 5.- Resultados

La evolución del potencial hídrico al mediodía (**Figura 3**) muestra los momentos en los que los tratamientos se separan del control (ETcmax), que se mantiene en un valor en torno a -3 MPa (ausencia de estrés para las condiciones del ensayo). Los tratamientos deficitarios (RDC1 y RDC2) se mantuvieron en los rangos de estrés planteados inicialmente. El secano muestra su situación más desfavorable el día 9 de octubre, tres días antes del inicio de la lluvia de otoño. La última medida fue tomada en noviembre, tras las lluvias, por lo que todos los tratamientos aparecen con el mismo valor de potencial hídrico, una vez recuperados del estrés.



**Figura 3. Evolución del potencial hídrico a medio día solar de los distintos tratamientos.** Las barras corresponden con la desviación típica.



**Figura 4. Evolución del peso fresco del fruto de los diferentes tratamientos.** Las barras corresponden con la desviación típica.

El número de frutos obtenido en los árboles de los distintos tratamientos ha sido similar. Ello implica que las diferencias finales en el peso de los frutos se deben al estrés hídrico. En el primer muestreo (15 de julio), los tres tratamientos regados presentan frutos con el mismo peso fresco, mientras que el secano, ya en estrés hídrico, presenta un menor peso. Posteriormente entra en estrés hídrico el RDC2 (final de julio) y finalmente el RDC1 (mitad de agosto). El crecimiento del fruto llega a ser nulo cuando el déficit hídrico es severo y se mantiene para los tres tratamientos hasta casi final de septiembre (secano hasta las lluvias otoñales). Una vez que llueve, la pendiente es similar, por lo que no llegan a conseguir el peso del tratamiento control, presentando diferencias de peso en la recolección.

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 5.- Resultados

**Tabla 4. Peso de un fruto, número de frutos, producción de aceituna y aceite y rendimiento graso expresado en aceite sobre materia seca de los diferentes tratamientos. Año 2016.** Las letras corresponden a diferencias significativas en el test mínima diferencia significativa confianza del 5%.

Tratamiento	Riego (m³/ha)	Peso 1 fruto	Número frutos	Producc (kg/ol)	Aceite (kg/ol)	RGH (%)	RGS (%)
ETcmax	5140	4,22 a	16105 a	65,4 a	9,13 a	14,0 a	40,2 a
RDC1	1660	3,59 b	15938 a	54,2 b	7,14 b	13,2 b	38,0 b
RDC2	1080	3,06 c	15656 a	46,5 bc	5,79 c	12,5 c	36,4 c
Secano	0	2,59 d	17010 a	42,54 c	4,30 d	10,0 d	29,5 d



**Foto 2. Aceitunas de los diferentes tratamientos: secano (superior izquierda), RDC2 (superior derecha), RDC1 (inferior izquierda) y ETcmax (inferior derecha). Tomados el 10 de octubre de 2016, dos días antes del inicio de las lluvias otoñales.**

En el momento de la recolección (21 de noviembre) el tratamiento control tiene un peso medio de fruto de 4,22 g (**Tabla 4**) frente a 2,59 g del secano. El RDC1 presenta un valor de 3,59 g, mientras que el RDC2 es de 3,06 g, existiendo diferencias significativas entre ellos. Teniendo en cuenta que el número de frutos por árbol es similar, esta diferencia en el peso del fruto explica claramente la producción final de aceituna de los distintos tratamientos.

Por otro lado, el rendimiento graso de los tratamientos deficitarios, y en mayor medida el secano, es más bajo. Si se considera el rendimiento sobre materia seca (RGS) (**Tabla 4**) hay 11 puntos de diferencia entre el secano y el control (ETcmax), existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos. Éstas se mantienen cuando el rendimiento graso se expresa como porcentaje de aceite sobre el peso fresco (RGH), habiendo cuatro puntos de diferencia entre riego máximo y secano. Esto coincide con la evolución del contenido de aceite por fruto (gráfica no presentada).

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

## 6.- Conclusiones

Atendiendo a los resultados obtenidos en el presente ensayo, junto con la experiencia acumulada en trabajos previos podemos extraer las siguientes conclusiones:

- **El estrés hídrico influye negativamente sobre los procesos de formación de aceite.** Dicho estrés hídrico prolongado por la ausencia de lluvias hasta mitad del mes de octubre puede ser la causa de los bajos rendimientos grasos obtenidos en general en la presente campaña.
- **El crecimiento del fruto** se ve afectado claramente por el estrés hídrico, de manera que cuando éste es severo y se mantiene en el tiempo, el crecimiento del fruto llega incluso a detenerse.
- En líneas generales, **un aumento de la dosis de riego se traduce en un incremento de la producción**, ya que con el riego se evitan situaciones de estrés hídrico prolongadas. Es muy importante aportar agua de riego suficiente para garantizar la formación de aceite en el otoño.
- **Las lluvias de otoño son imprescindibles para una buena formación de aceite** cuando los olivos son de secano. Pero también son muy importantes para el regadío de olivar, puesto que en la mayoría de los casos el riego no es suficiente para cubrir las necesidades del cultivo. Si estas lluvias de otoño se retrasan demasiado, la formación de aceite y el contenido final del mismo pueden verse afectados negativamente.

El IFAPA ha desarrollado una herramienta informática para el cálculo de las necesidades de riego de olivares de diversas tipologías. Así mismo calcula los programas de riego más eficaces para una plantación en función del agua disponible, discriminando si es para aceituna de mesa o para producción de aceite, mediante la aplicación de riego deficitario. Puede ser utilizada de forma gratuita a través de la web Servifapa.

# El Estrés Hídrico y la Formación de Aceite de Oliva

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Edificio Administrativo Bermejales  
Avda. de Grecia, s/n  
41012 - Sevilla  
Teléfonos: 954 994 593 Fax: 955 519 107  
e-mail: [webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es](mailto:webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es)  
[www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa)



[www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa)

Cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL**

**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional

