

INFORMACIONES  
TECNICAS

41/96

# MANEJO DEL OLIVAR CON RIEGO POR GOTEO



**JUNTA DE ANDALUCIA**  
Consejería de Agricultura y Pesca

# **MANEJO DEL OLIVAR CON RIEGO POR GOTEO**

© JUNTA DE ANDALUCIA. Consejería de Agricultura y Pesca.

Publica: DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y FORMACION AGRARIA  
Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Colección: INFORMACIONES TÉCNICAS: Nº 41/96

Publicación: Elaborada y coordinada técnicamente por Miguel Pastor.

Autor/es: Miguel Pastor y otros.

Fotografías e Ilustraciones: Autores.

Coordinación y Diseño: Heliodoro Fernández López, Rosa Mª Mateo Fernández

Depósito Legal: SE. 823 - 96.

I.S.B.N.: 84-87564-44-5.

Fotocomposición e Impresión: J. de Haro. Sevilla.

# MANEJO DEL OLIVAR CON RIEGO POR GOTEO

## **Autores:**

**Castro, Juan. (\*)**  
**García-Ortiz, Ángel. (\*)**  
**Martínez, Carlos J. (\*\*\*\*)**  
**Mateos, Luciano.(\*\*\*)**  
**Navarro, Carlos. (\*)**  
**Orgaz, Francisco. (\*\*\*)**  
**Pastor, Miguel. (\*)**  
**Saavedra, Milagros. (\*\*)**  
**Vega, Victorino. (\*)**

(\*) Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. D.G.I.A. Dpto. de Olivicultura y Arboricultura Frutal.

(\*\*) Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. D.G.I.A. Dpto. de Protección Vegetal.

(\*\*\*) C.S.I.C. - Instituto de Agricultura Sostenible - Córdoba.

(\*\*\*\*) Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Servicio de Concesiones y Autorizaciones.



## ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
CAPÍTULO I. NECESIDADES DE AGUA DEL OLIVAR .....	9
I.1.-Introducción .....	11
I.2.-Sensibilidad estacional del olivo al déficit hídrico .....	14
I.3.-Necesidades de agua del olivar .....	19
I.4.-Programación de riegos en diferentes tipos de olivar .....	25
I.5.-Planteamientos de estrategias de riego deficitario .....	35
I.6.-Instalaciones de riego .....	39
CAPÍTULO II. RIEGO DEL OLIVAR CON AGUA SALINA .....	45
II.1.-Medida de salinidad .....	47
II.2.-Sensibilidad del olivo a la salinidad .....	47
II.3.-Distribución de sales en función del riego .....	49
II.4.-Necesidades del lavado .....	50
CAPÍTULO III. ASPECTOS LEGALES DEL RIEGO DE OLIVAR ....	53
III.1.-Antecedentes .....	55
III.2.-Normativa legal que afecta al riego de olivar .....	55
III.3.-Los órganos administrativos del agua en Andalucía .....	56
III.4.-Organización de una Confederación Hidrográfica .....	57
III.5.-Como se puede legalizar el riego de olivar .....	59
III.6.-Otros aspectos legales del riego de olivar .....	59
III.7.-Régimen sancionador en la Ley de Aguas .....	60
III.8.-Futuro concesional de los regadíos de olivar en la Cuenca del Guadalquivir .....	61
CAPÍTULO IV. FERTILIZACIÓN DEL OLIVAR .....	63
IV.1.-Objetivo de la fertilización .....	65
IV.2.-Criterios para la programación de la fertilización en olivar ..	65
IV.3.-Métodos de diagnóstico y programación de la fertilización .	68
IV.3.1.-Método de diagnóstico .....	68
IV.3.2.-Análisis de suelos .....	68
IV.3.3.-Análisis de hojas .....	71
IV.3.4.-Interpretación de los análisis foliares .....	74

IV.4.-Recomendaciones generales sobre el abonado del olivo ...	74
IV.4.1.-Nitrógeno .....	74
IV.4.2.-Fósforo .....	77
IV.4.3.-Potasio .....	80
IV.4.4.-Otros elementos.....	82
IV.4.4.1.-Boro.....	83
IV.4.4.2.-Hierro .....	84
IV.4.4.3.-Calcio .....	86
IV.4.4.4.-Magnesio .....	87
IV.5.-Fertirrigación .....	87
IV.5.1.-Dinámica en el suelo de los macroelementos aportados en fertirrigación .....	88
IV.5.1.1.-Nitrógeno .....	88
IV.5.1.2.-Fósforo .....	89
IV.5.1.3.-Potasio .....	89
IV.5.2.-Elección de fertilizantes para fertirrigación .....	89
IV.5.2.1.-Fertilizantes sólidos solubles .....	92
IV.5.2.2.-Fertilizantes líquidos .....	93
IV.5.3.-Preparación de <i>soluciones madres</i> .....	95
IV.5.4.-Tipos de recipientes .....	96
IV.5.5.-Equipo para fertirrigación .....	96
IV.6.-Manejo de la fertirrigación en plantaciones de olivar en riego por goteo .....	98
IV.6.1.-Nitrógeno .....	98
IV.6.2.-Fósforo .....	100
IV.6.3.-Potasio .....	101
IV.6.4.-Otros elementos.....	101
IV.7.-Referencias bibliográficas .....	101
Anexo 1 .....	103
CAPÍTULO V. LA PODA EN OLIVARES DE REGADÍO .....	107
CAPÍTULO VI. SISTEMAS DE CULTIVO Y MANEJO DE HERBICIDAS.....	119
VI.1.-Introducción .....	121
VI.2.-Un ensayo de sistemas de cultivo en olivares regados por goteo .....	123
VI.3.-Recomendaciones sobre el manejo del suelo en olivares regados por goteo .....	123
VI.4.-Empleo de herbicidas en olivares regados por goteo .....	124
VI.5.-Aplicación de herbicidas a través de la instalación de riego por goteo (herbigación) .....	127
VI.6.-Referencias bibliográficas.....	131

# ***CAPÍTULO I***

## **NECESIDADES DE AGUA DEL OLIVAR**

Autores: Francisco Orgaz (\*), Miguel Pastor (\*\*), Victorino Vega (\*\*) y Juan Castro (\*\*)

(\*). Instituto de Agricultura Sostenible. Córdoba. C.S.I.C.

(\*\*) Departamento de Olivicultura y Arboricultura Frutal. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.



## I.1.-INTRODUCCIÓN

El cultivo del olivar tiene una gran importancia en nuestro país, dedicándose a este cultivo más de 2,1 millones de hectáreas. De este olivar sólo se riegan unas 130.000 has, tratándose en la mayoría de los casos de riegos de apoyo en los que raramente se cubren las necesidades óptimas del cultivo.

Aunque el olivo es considerado como un árbol muy resistente a la sequía que se ha cultivado tradicionalmente en secano, aumenta considerablemente su producción cuando recibe aportaciones de agua de riego complementarias a la lluvia, rentabilizando cualquier aportación por pequeña que parezca, en especial en las zonas áridas y en suelos con escasa capacidad de almacenamiento de agua. Ilustrativo es el ensayo realizado por Solé (1990) durante 7 años en la comarca de las Garrigas (Lérida), en el que una aportación anual de riego por goteo de 15 mm, complementaria a una pluviometría media de 375 mm, aumentó la producción en 875 kg/ha con respecto al testigo no regado, equivalente a un 61% en términos relativos.

Las necesidades de agua del olivar son relativamente bajas, obteniéndose muy buenos resultados en Andalucía con aportaciones comprendidas entre 1.500

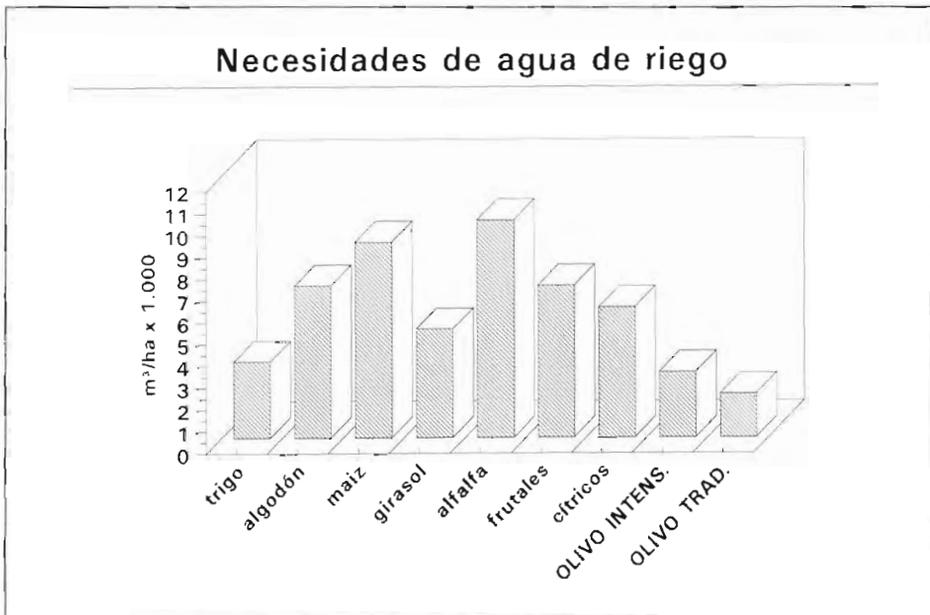
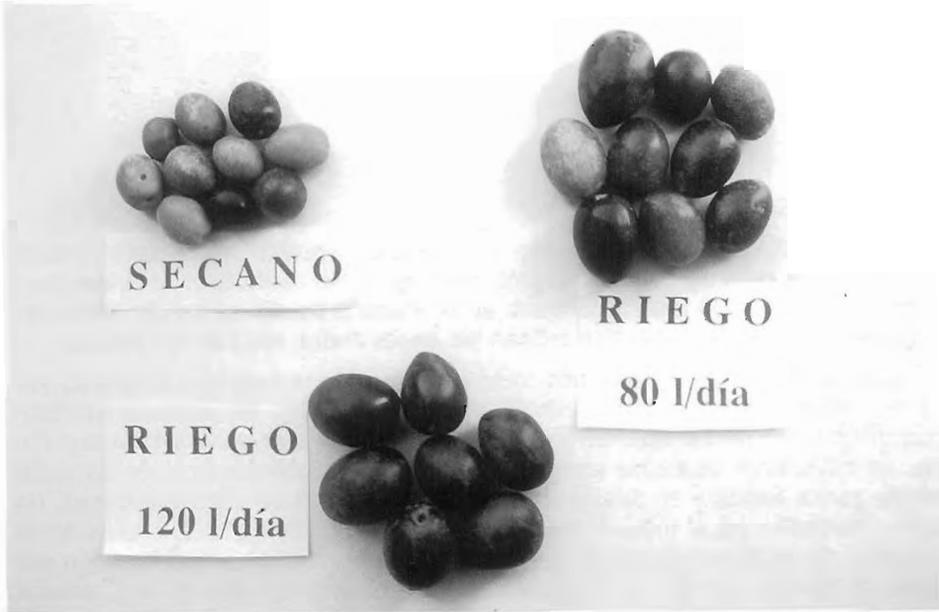
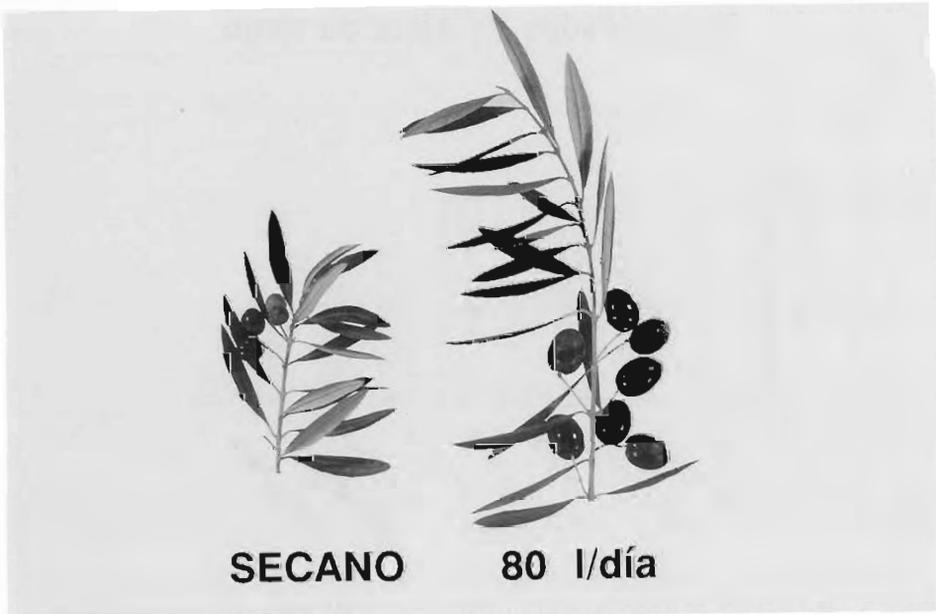


Figura 1: Necesidades de agua de riego en diferentes cultivos en el Valle del Guadalquivir.



**Fotografía 1:** Con pequeñas aportaciones de agua de riego pueden obtenerse importantes aumentos de producción. El agua permite aumentar el número de frutos cuajados, el tamaño de los frutos, y el crecimiento de los brotes, lo que también permitirá una mayor producción al año siguiente.



y  $3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ , según las densidades de plantación, mientras que las cantidades demandadas por otros cultivos son muy superiores (Figura 1).

El empleo del agua en olivar tiene un efecto multiplicador por caudal unitario empleado. En la Figura 2 presentamos el número de horas de mano de obra generadas por cada  $1.000 \text{ m}^3$  de agua aplicada en diferentes cultivos. El olivar es el cultivo que genera mayor cantidad de empleo junto con los frutales, muchísimo más que los cultivos herbáceos, que es la alternativa al olivar en la zona media-alta del Valle de Guadalquivir. Mientras que un caudal de **1 litro por segundo** es capaz de generar en olivar más de 270 jornales por año, idéntico caudal aplicado a una alternativa trigo/girasol/maíz apenas emplearía 18 jornales, mientras que el beneficio económico generado por unidad de volumen de agua aportado es más de diez veces mayor que el generado por dicha alternativa.

En los últimos años la aplicación de técnicas de cultivo tales como la fertilización, poda, plantaciones intensivas, reducción del laboreo, y tratamiento de plagas y enfermedades, han aumentado significativamente el nivel medio de producción del olivar tradicional. Estos grandes avances contrastan con la limitada información técnica en cuanto a la respuesta al riego en las condiciones de Andalucía, desconociéndose hasta hace poco tiempo los parámetros elementales que permiten realizar una programación de riegos para las diferentes comarcas.

En esta publicación vamos a presentar la información generada por los trabajos de investigación realizados en Córdoba conjuntamente, y durante varios años, por el Instituto de Agricultura Sostenible del C.S.I.C. y por el Departamento de

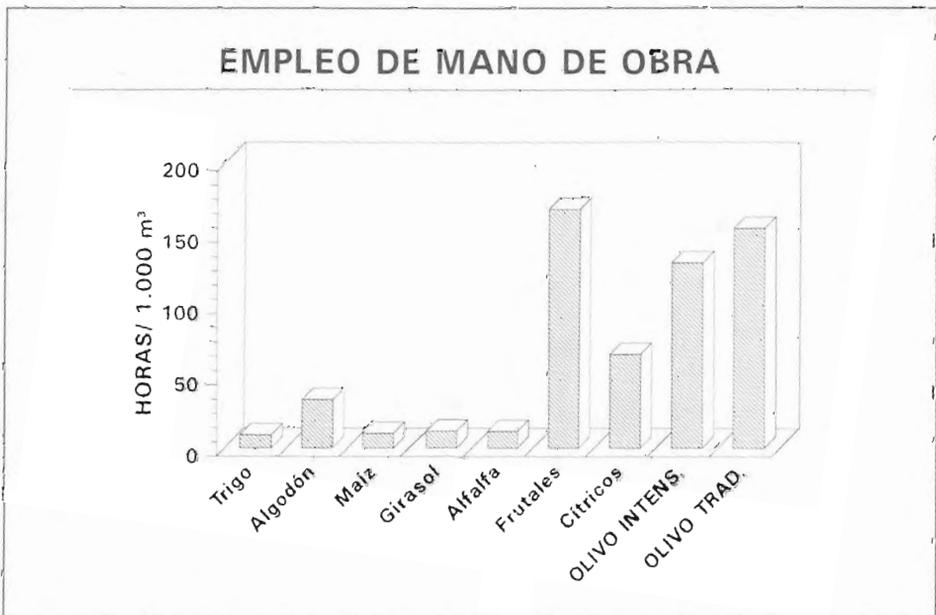


Figura 2: Mano de obra generada por  $1.000 \text{ m}^3$  de agua aplicada en diferentes cultivos. Como frutales, el agua es socialmente más rentable.

Olivicultura de la Dirección General de Investigación Agraria y Pesquera (Junta de Andalucía). En su estado actual estos resultados nos permiten aproximarnos al cálculo de las necesidades de agua del cultivo, así como poder empezar a diseñar estrategias para un mejor manejo de las escasas cantidades de agua disponibles.

## I. 2.- SENSIBILIDAD ESTACIONAL DEL OLIVO AL DÉFICIT HÍDRICO

El olivar es una especie típicamente mediterránea, muy bien adaptada a un clima caracterizado por un período lluvioso (otoño-invierno) en el que se produce más del 70% de la pluviometría total anual, y con un período extremadamente seco, el verano, en el que el olivo vegeta utilizando las reservas de agua acumuladas en el suelo durante la estación húmeda, reservas que no alcanzan a cubrir todas las necesidades del olivo, que en determinados períodos sufre un fuerte déficit hídrico, del que se recupera tras las reparadoras lluvias del otoño. Como es natural, el potencial de producción de los olivares de secano depende de la pluviometría total anual, del régimen de lluvias, y de la capacidad del suelo para acumular el agua sobrante en las épocas lluviosas, en las que la demanda evaporativa es reducida.

Aunque el olivo es un cultivo conocido por su gran capacidad de adaptación a condiciones de sequía estival y responde muy favorablemente cuando se le aportan ciertas cantidades de agua mediante el riego (Solé, 1990), sus requerimientos hídricos totales pueden llegar a ser elevados (Goldhamer y col., 1993).

Para poder programar los riegos, y en especial cuando no se dispone de cantidades ilimitadas de agua, lo que es muy frecuente en Andalucía, es necesario tener en cuenta que la sensibilidad estacional de este cultivo al déficit hídrico no es igual en todas las épocas del año, existiendo períodos en los que esta sensibilidad es mucho menor, lo que podría permitir idear estrategias de riego deficitario, a partir de las cuales se podrían reducir las aportaciones totales de agua, obteniendo, a pesar de ello, excelentes producciones.

Un resumen de los efectos más importantes que un *déficit hídrico* puede tener en los distintos estados fenológicos del olivo se recoge en la **Tabla 1**.

En el período **marzo-junio** acontecen la diferenciación de yemas de flor, el desarrollo de las yemas (flor y madera), la floración, el cuajado de los frutos y el crecimiento de los brotes. Durante este período es importante que no exista déficit hídrico, ya que este afectaría a:

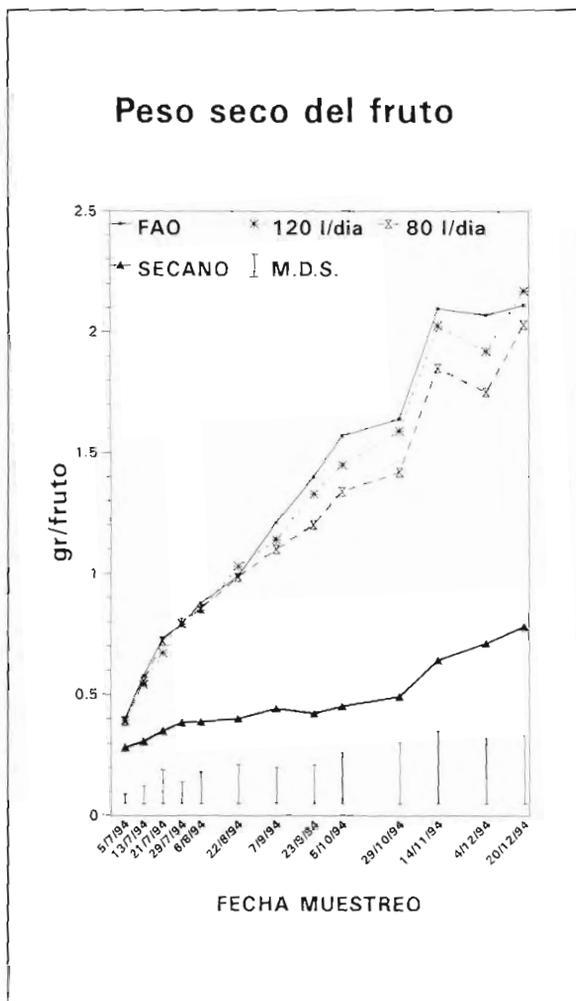
- la fertilidad de las flores y por consiguiente al número de frutos por árbol,
- al crecimiento de los brotes, que portarán la producción del año siguiente, y
- reduciría la masa foliar, con lo que se reduciría la producción de asimilados.

En el mes de **julio** tiene lugar el **endurecimiento del hueso**, produciéndose al final del período la caída fisiológica de frutos. Para prevenir esta caída, especialmente la relacionada con el nivel de reservas del olivo, es necesario que el árbol llegue a este período en el mejor estado hídrico y nutricional posible.

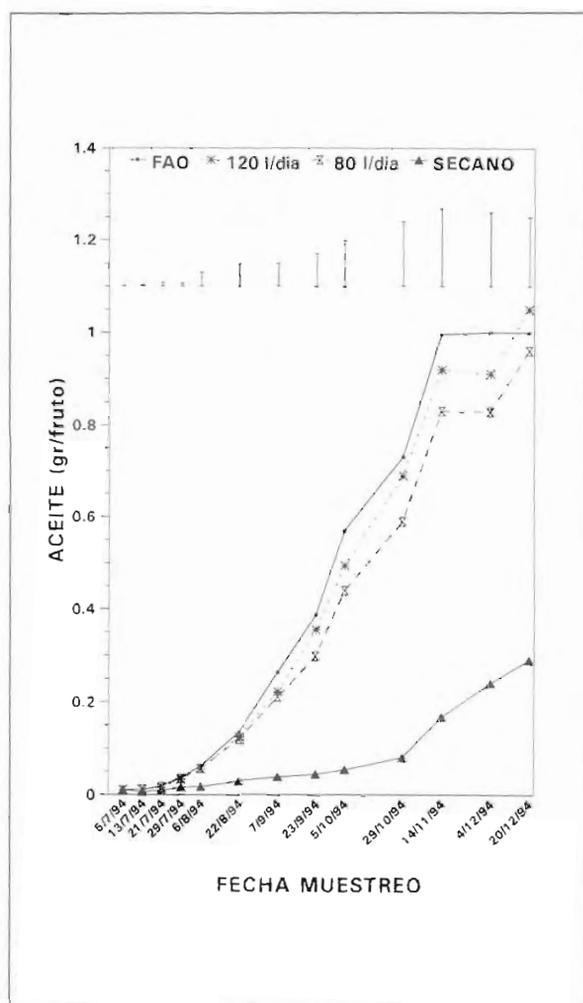
Durante el **verano** (meses de julio, agosto y septiembre) el olivo depende de la funcionalidad en las hojas para la producción de asimilados.

Figura 1.1. El olivo en verano. Vemos, en el olivar y...

mínimo de fotosíntesis, de modo que no se vea disminuido el potencial de crecimiento del fruto, tal como ocurrió en el año 1.994 en los olivos de secano de un ensayo realizado en Santisteban del Puerto, en los que la aceituna redujo permanentemente su crecimiento hasta que se produjeron las lluvias otoñales (**Figura 3**), sin que dichas lluvias pudiesen compensar después la parada vegetativa impuesta por el estrés hídrico del verano. Sin embargo, el tratamiento con riego deficitario (80 l/día) permitió una pauta de crecimiento de los frutos similar a la del olivar regado con la dosis óptima de agua (FAO), lo que permitió obtener una buena producción y frutos con un buen rendimiento graso.



**Figura 3:** Evolución del peso medio de la aceituna a lo largo del año 1994 en Los Robledos (Santisteban del Puerto). Mientras que en riego el crecimiento del fruto es continuado a lo largo del ciclo, hasta que se completa la maduración; en secano, a partir del momento en que se produce el déficit hídrico el fruto ralentiza su crecimiento hasta que en octubre, después de la lluvia, continúa de nuevo el crecimiento, pero este se ha visto ya afectado irreversiblemente.



**Figura 4:** Evolución de la formación de aceite en los frutos en olivos regados con diferentes dosis de agua en la finca Los Robledos (Santisteban del Puerto) durante el año 1994. Mientras que en secano el déficit hídrico afectó la formación de aceite durante el periodo estival, en regadío la formación de aceite continuó a lo largo de todo el periodo y hasta la maduración.

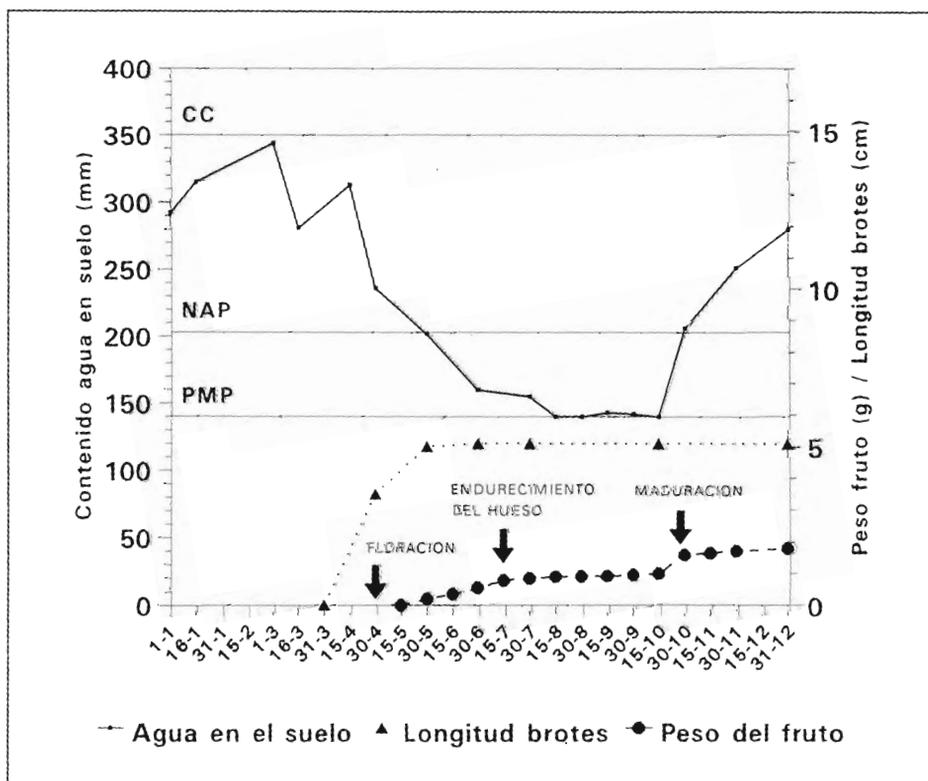
años con niveles de precipitación normal, el patrón de agua en el suelo debe ser bastante parecido al de la figura 5, de donde se deduce que, excepto en casos de inviernos muy secos o suelos poco profundos y/o retentivos, no es necesario aportar agua de riego hasta bien entrada la primavera produciéndose la brotación y floración sin déficit hídrico marcado para el olivo. Sin embargo a principios de verano el déficit hídrico limita de forma importante el crecimiento de brotes y frutos, por lo que habría que recurrir al riego a partir de este momento. En caso de que no exista la posibilidad de poder disponer agua en la estación seca, habría que regar con anterioridad y usar el suelo como un depósito de reserva

hasta sus niveles máximos de retención, lo que permitiría afrontar el verano con una cierta garantía.

### I.3.- NECESIDADES DE AGUA DEL OLIVAR

El olivar, como todos los cultivos, necesita agua para su funcionamiento. Cuando los estomas se abren para fijar el carbono procedente del CO<sub>2</sub> de la atmósfera mediante la fotosíntesis, el agua que está saturando los espacios intercelulares en forma de vapor, se pierde a la atmósfera siguiendo un gradiente de concentración de vapor, en el proceso conocido como **transpiración**.

El agua que se pierde por transpiración necesita ser repuesta del suelo mediante extracción radicular. Cuando el contenido de agua en el suelo no es sufi-



**Figura 5:** Evolución del crecimiento del fruto y de los brotes, así como del contenido de agua en el suelo en un olivar intensivo de secano del t.m. de La Rambla (Córdoba) durante el año 1987. En el gráfico se hacen indicaciones sobre los valores teóricos de algunas propiedades del suelo: capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento permanente (PMP) y nivel de agotamiento permisible (NAP). Vemos como a partir del momento en que la reserva de agua en el suelo desciende por debajo del NAP, se produce una reducción del crecimiento de los brotes. Durante el verano, y hasta que de nuevo se recarga el perfil por las lluvias de otoño, también el crecimiento de los frutos se ha visto afectado. Si se dispusiese de agua para riego, habría que regar antes de que el suelo se alcance el NAP, lo que evitaría la parada vegetativa.

ciente para reponer las pérdidas por transpiración, el cultivo sufre déficit hídrico con las consecuencias que se muestran en la **Tabla 1** y que se traducen finalmente en una reducción de su rendimiento (producción por unidad de superficie). Por el contrario, cuando el contenido de agua en el suelo es suficiente, el cultivo puede extraer de él todo el agua que le demanda la atmósfera, que unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo constituye lo que se conoce como **evapotranspiración máxima de cultivo (ETc)**; y corresponde a la cantidad de agua que debe ser satisfecha estacionalmente mediante lluvia y/o riego para que el rendimiento del cultivo no se vea reducido por el déficit hídrico.

El método más utilizado para determinar la ETc del cultivo es el método de la FAO (**Doorenbos y Pruitt, 1977**), en el que la ETc se calcula como el producto de tres términos:

$$ETc = ETo \cdot kc \cdot kr \quad (1)$$

La **ETo**, denominada **evapotranspiración de referencia**, cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera y corresponde a la evapotranspiración de una **pradera de gramíneas** con una altura entre 8 a 10 cm que crece sin limitaciones de agua y nutrientes en el suelo y sin incidencia de plagas o enfermedades.

El cálculo de la **ETo** para una determinada zona puede realizarse a partir de datos climáticos empleando fórmulas empíricas (Penman-FAO, Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves, etc.) calibradas localmente, o utilizando un evaporímetro homologado (*Tanque Clase A*) situado en el propio olivar a regar, siguiendo las recomendaciones de **Doorenbos y Pruitt (1977)**:

$$ETo = kp \cdot Eo$$

en donde **Eo** es la evaporación diaria de agua (mm) medida en el evaporímetro homologado, y **kp** es el coeficiente de tanque que puede variar diariamente entre 0,7 y 0,8, en función del tipo de cobertura sobre la que está instalado el evaporímetro, del recorrido del viento y de la humedad relativa del aire. Estos valores han sido tabulados por los mencionados autores y pueden encontrarse en cualquier tratado genérico de riegos, así como las normas para la instalación del evaporímetro.

Cualquiera que sea el método de estimación de **ETo** utilizado, es necesario hacer siempre una calibración a nivel local, para su utilización con suficientes garantías. En cualquier caso es aconsejable programar el riego empleando valores medios semanales en lugar de los estimados diariamente, lo que aumenta la bondad de la estimación (**Fereres, 1987**).

En el Valle del Guadalquivir, la expresión de *Penman-FAO* es la que estima la **ETo** con la mayor precisión (**Mantovani y col., 1991**), pero requiere datos meteorológicos de temperatura, humedad relativa, recorrido del viento y radiación solar, que no siempre están disponibles en todas las zonas de olivar.

En general, para el valle del Guadalquivir, se recomienda la utilización de la expresión de Hargreaves, que sólo requiere datos de temperatura máxima ( $T_{max}$ ) y mínima ( $T_{min}$ ) diarias:



**Fotografía 3:** Para poder programar el riego es necesario disponer de datos climatológicos tales como pluviometría, temperaturas, humedad relativa del aire, radiación solar, velocidad del viento, etc. En la foto estación climatológica automática con toma y almacenamiento de datos por ordenador. Esta estación consta de diferentes instrumentos: termómetro, pluviómetro, radiómetro, anemómetro, y un tanque evaporimétrico clase A. El registro de los datos se realiza cada hora.

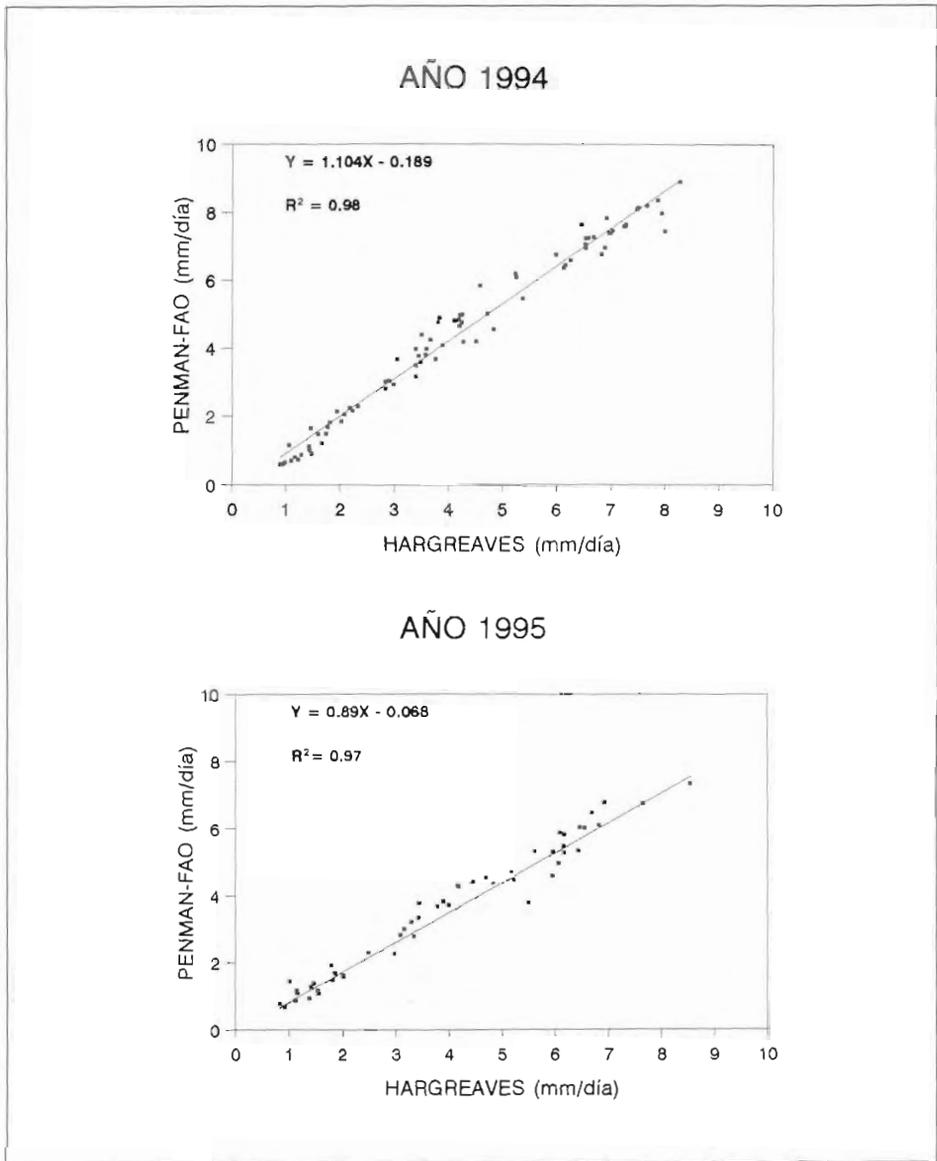
$$ET_o = 0,0023 \times Ra \times (T_m + 17,8) \times (T_{max} - T_{min})^{0,5}$$

donde  $R_a$  es la radiación extraterrestre, que depende de la latitud y  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  y  $T_m$  son las temperaturas medias de máximas, mínimas y medias durante el período considerado.

Esta expresión ha dado resultados excelentes para la estimación de la **ET<sub>o</sub>** en varias zonas del Valle del Guadalquivir (Mantovani 1993). En la **Figura 6** se muestra la relación entre los valores medios semanales de la **ET<sub>o</sub>** estimados mediante la expresión de **Penman FAO** (utilizada como referencia) y la de **Hargreaves**, para el observatorio de Los Robledos (Santisteban del Puerto) para los años 1994 y 1995. En este observatorio, la estimación aplicando la fórmula de **Hargreaves** ha resultado ser mucho mejor que la estimación conseguida utilizando el evaporímetro (**Tanque clase A**), datos que no presentamos.

La expresión de **Hargreaves** como cualquier fórmula empírica, debe ser calibrada para las condiciones locales como requisito previo para su utilización.

Sin embargo, a falta de mayor información puede utilizarse con la suficiente confianza en la mayoría de los ambientes de Andalucía, excepto en zonas costeras donde sobreestima y en ambientes fuertemente advectivos donde infraestima la **ET<sub>o</sub>** (Hargreaves y col., 1985).



**Figura 6:** El punto de partida para programar el riego en el olivar es conocer la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>). Para determinar la ET<sub>0</sub> en el Valle del Guadalquivir la expresión de Penman-FAO es la más recomendable, aunque exige el conocimiento a nivel local de un gran número de parámetros climáticos. Sin embargo, la fórmula de Hargreaves, que solo necesita datos de temperaturas diarias, estima en esta zona la ET<sub>0</sub> semanal con suficiente precisión como para ser empleada en la programación de riegos en olivar. En los gráficos presentamos los valores de ET<sub>0</sub> obtenidos durante 1994 y 1995 en Los Robledos (Santisteban del Puerto) empleando las mencionadas fórmulas empíricas, lo que avala la utilidad de la expresión de Hargreaves en esta zona.

En la **Tabla 3** presentamos los datos medios de **ETo** mensuales para 23 localidades de la provincia de Jaén (**Rojas, 1995**), datos que han sido estimados aplicando la fórmula de *Hargreaves*. En esta tabla están representadas las comarcas olivareñas más importantes de la provincia, observándose como la **ETo** anual está comprendida entre 1.054 mm para la localidad de Jimena y 1.463 mm en Linares.

Los otros dos coeficientes de la expresión (1) cuantifican el efecto propio del cultivo y de su estado de desarrollo en la **ETc**.

El coeficiente **kc** es el denominado **coeficiente de cultivo**, que debe ser determinado experimentalmente, y que en olivo (var. Picual), puede tomar valores comprendidos entre **0,50 y 0,65** para los diferentes meses del año (**Orgaz**, comunicación personal), empleándose la cifra menor en pleno invierno ya que las bajas temperaturas son responsables de un cierre estomático, y el valor máximo correspondería a la primavera y otoño, coincidente con épocas lluviosas y temperaturas suaves, lo que se traduce en una alta actividad fisiológica de la planta. Mientras que para la mayoría de los cultivos anuales el **Kc** es independiente de las condiciones ambientales, en el caso del olivo también depende de las condiciones climáticas, ya que el árbol cierra estomas cuando la humedad relativa del aire es baja, aunque las disponibilidades de agua en el suelo sean suficientes. Estos valores del **kc** deben considerarse como orientativos, ya que deben ser aún contrastados en los próximos años con mayor precisión, pero están en consonancia con los valores estimados por otros autores (**Tabla 2**).

**TABLA 2: Coeficiente de cultivo (kc) del olivo empleados en la literatura especializada.**

# **Dettori (1987)** en la isla de Cerdeña:

**kc = 0,5 (mayo a septiembre)**

**kc = 0,55 (abril y octubre)**

Se realizaron aportaciones anuales de riego 320 mm + 220 mm (lluvia útil)

# **García-Fernández y Berengena (1993)** en Córdoba:

**Kc = 0,5 ó 0,7**

Se realizaron aportaciones anuales de riego entre 347 -536 mm + 300 mm (lluvia útil) y obtuvieron igual producción.

# **Deida, Dettori y Pala (1990)** en la isla de Cerdeña:

**kc = 0,4 0,65**

Con ambos Kc obtuvieron igual producción

# **Michelakis (1990)** en la isla de Creta:

**kc = 0,37 - 0,75**

Con ambos Kc obtuvieron igual producción

Aportaciones de riego 354 - 628 mm + 350 mm Pef igual producción

# **Goldhamer, Dunai y Ferguson (1993)** en Valle Central de California:

**kc = 0,75** altísimos niveles de producción (22 t/ha)

Agua aplicada 945 mm

# **Le Bourdelles (1978)** en la isla de Córcega y empleo de riego por goteo:

**kc = 0,6** plantaciones intensivas

**kc = 0,5** plantaciones tradicionales

# **Orgaz (1995, datos no publicados)** en Córdoba

**kc = 0,5** en invierno

**kc = 0,55** en verano

**kc = 0,65** en otoño y primavera

TABLA 3. Valores medios mensuales de ETo

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Alcalá la Real	36	45	73	96	132	168	203	183	130	77	45	34	1222
Andújar	39	51	84	115	160	187	215	191	131	81	46	34	1334
Arjona	34	48	82	112	154	184	209	188	131	81	45	31	1299
Arjonilla	27	39	78	99	144	158	181	158	107	64	34	25	1114
Bailén	38	49	85	109	152	187	223	197	141	88	47	34	1350
Baños de la Encina	30	39	71	97	137	163	197	176	121	72	39	29	1171
Beas de Segura	34	46	76	105	151	185	222	199	136	81	43	31	1309
Cabra de Santo Cristo	35	44	72	94	129	156	181	161	110	71	40	30	1123
Canena	37	48	88	114	148	181	207	190	132	78	46	36	1305
Castellar de Santisteban	38	48	74	109	147	171	233	211	136	89	52	36	1344
Jimena	26	36	63	93	127	151	176	152	106	64	35	24	1053
Jódar	35	49	88	112	149	179	210	183	136	81	44	31	1332
Linares	42	53	91	115	159	196	232	209	147	89	51	38	1422
Lopera	31	42	77	108	159	173	194	172	120	74	41	31	1222
Mancha Real	36	45	74	95	134	163	195	176	123	77	44	33	1195
Marmolejo	40	53	89	122	169	196	239	214	146	94	52	37	1451
Siles	29	37	71	98	134	164	200	180	122	73	39	26	1173
Sorihuela de Guadalimar	43	50	94	109	159	196	230	206	150	87	57	40	1421
Torredonjimeno	32	42	70	96	133	161	187	164	115	69	39	29	1137
Ubeda	33	46	82	111	148	162	188	166	115	71	37	28	1187
Vilches	42	55	95	127	172	193	218	195	139	88	50	38	1412
Santiago de la Espada	31	38	64	82	120	152	188	170	115	69	38	28	1095

Fuente: Rojas (1995).

Parece obvio que la **ETc** de un olivar intensivo y adulto, con un elevado volumen de copa que cubra la mayor parte de la superficie del suelo, es superior a la de un olivar tradicional con un amplio marco de plantación o un olivar joven en formación. El efecto del estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa) en la **ETc** es contemplado por el coeficiente **Kr**, que toma valores comprendidos entre poco más de 0 para un olivar recién plantado, hasta 1 para un olivar adulto e intensivo en condiciones de riego.

Al no disponerse de información específica para el caso del olivar, el coeficiente reductor **kr** podría determinarse de forma aproximada utilizando la relación que **Castell y Fereres (1981)** encontraron para almendro:

$$kr = 2 \times Sc / 100$$

donde **Sc** es el porcentaje de suelo cubierto por la copa de los árboles y se calcula en función del diámetro medio de la copa de los olivos de la plantación a regar (**D** en metros) y de la densidad de plantación (**N** olivos/ha), aplicando la expresión:

$$Scubierta = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot N}{4 \cdot 100}$$

#### I.4.- PROGRAMACIÓN DE RIEGOS EN DIFERENTES TIPOS DE OLIVAR

Cuando la **ETc** supera a la disponibilidad de agua de lluvia, es necesario regar para obtener la producción potencial del cultivo. Para el cálculo de las necesidades de riego se realiza un balance de agua en el suelo:

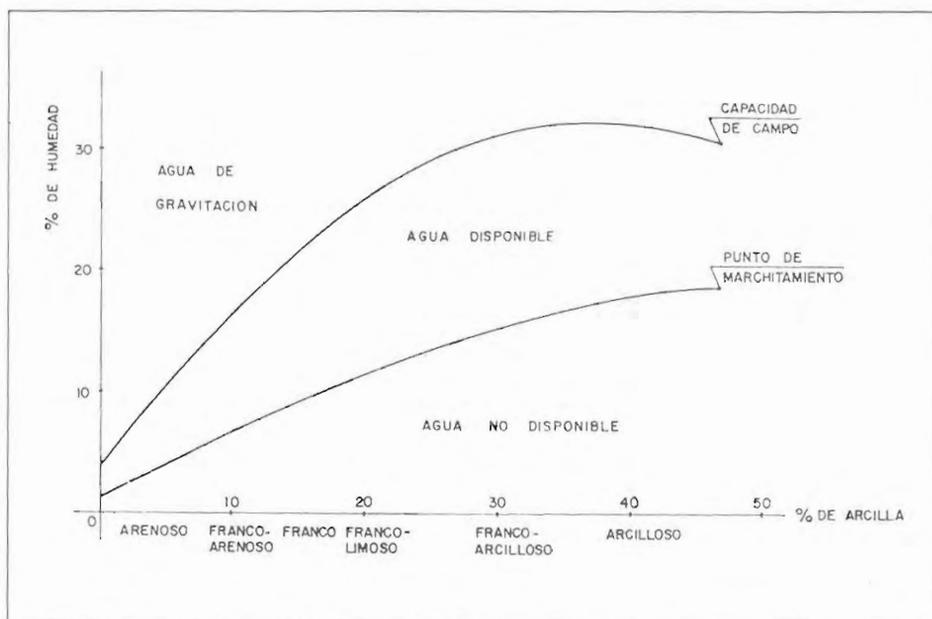
$$\Delta S_{t_1} + Pe - ETc \quad (2)$$

donde  $\Delta S_t$  y  $\Delta S_{t_1}$  son los contenidos de agua en el suelo al final y al inicio de un período de tiempo determinado ( día, decena, mes etc.), y **Pe** es la precipitación efectiva o fracción de la lluvia total del período considerado que se infiltra en el suelo. La mayoría de los métodos propuestos para el cálculo de **Pe** a partir de datos de precipitación, requieren información, que normalmente no está disponible para nuestras condiciones y aún así no son muy precisos, por lo que se propone, para nuestras condiciones, considerar **Pe** como el **70%** de la lluvia medida, despreciando además las lluvias de escasa intensidad que se producen en los meses de verano, las cuales se pierden por evaporación directa casi instantáneamente.

La expresión (2) nos permite estimar en cada momento el contenido de agua en el suelo a partir de datos medidos a tiempo real o a partir de datos climáticos medios para la zona considerada. A nivel de proyecto es necesario utilizar programas de riego medios, mientras que a nivel regante se recomienda actualizar los datos medios en función de los datos reales de precipitación, puesto que la **ETc** es bastante constante interanualmente.

Aplicando la expresión (2) se observa que durante la estación húmeda el suelo se recarga de agua (la **Pe** supera a la **ETc**). Este agua almacenada en el suelo constituye una **reserva**, que podrá ser utilizada por el cultivo durante la estación seca. Esta reserva es función de la profundidad del suelo, de su capa-

cantidad de retención de agua, y de la cantidad de lluvia, y en nuestras condiciones puede suponer entre un 50% y un 60% de la **ET<sub>c</sub>** del olivar durante la estación seca. La reserva puede determinarse mediante el balance de agua (expresión 2) de los meses húmedos, teniendo en cuenta que el contenido de agua en el suelo no puede superar su **capacidad de campo (CC)**, que depende de la textura del suelo (**Figura 7**). Como el método propuesto para el cálculo del balance de agua es poco preciso para los meses de invierno se recomienda medirla directamente determinando **el contenido de agua en el suelo explorado por las raíces a fecha 31 de marzo** (método gravimétrico, sonda de neutrones, etc.), época en la que es normal que ya se haya producido el 70-80% de la pluviometría total anual.



**Figura 7:** Los parámetros punto de marchitamiento y capacidad de campo de un suelo dependen de la textura y del contenido en arcilla del mismo (Fuentes Yague, 1994), afectando igualmente a la cantidad de agua disponible por el cultivo. Por ejemplo, en años secos el olivo dispondrá en suelos arcillosos de una cantidad de agua proporcionalmente menor que en los suelos más sueltos, por lo que los árboles se verán más afectados por la sequía. Sin embargo, si se dispone de agua para riego, los suelos arcillosos son los que permiten almacenar una mayor cantidad de agua.

Una vez calculado o medido el contenido de agua en el suelo al inicio de la estación seca ( $P_e < E_{Tc}$ ), se programan los riegos de manera que el contenido de agua en el suelo no baje por debajo de un nivel umbral, por debajo del cual el cultivo empieza a sufrir déficit hídrico y por tanto se reduce su producción.

Este nivel umbral se denomina **nivel de agotamiento permisible (NAP)** y para el caso del olivo se estima en un 70 % del agua disponible (diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente en la zona explorada por las raíces):

$$NAP = 0,7 \times Zr \times (CC - PMP)$$

donde NAP y Zr (profundidad explorada por las raíces) se expresan en mm., y CC y PMP en humedad volumétrica en tanto por uno. Si considerásemos valores de humedad gravimétrica tendríamos que corregir la anterior expresión multiplicando el segundo miembro por el valor de la densidad aparente, que para la mayoría de los suelos olivareros se encuentra en torno a valores de 1,4-1,5 t/m<sup>3</sup>. A efectos de seguridad se recomienda limitar el valor de Zr a 1000 mm.

Obviamente Zr será igual a la profundidad del suelo cuando esta sea inferior a Z<sub>rmax</sub>.

En este punto, el riego neto se calcula como:

$$Rn = (\Delta si - \Delta sf) - Pe + Etc$$

Si se desprecia la reserva ( $\Delta si = \Delta sf$ ), entonces  $Rn = Etc - Pe$ . En este caso, muy utilizado para otros cultivos, la reserva constituye un colchón de seguridad que absorbe la incertidumbre inherente al método de cálculo usado, incluyendo la variabilidad interanual en la precipitación.

La reserva puede consumirse como complemento al riego a lo largo de la estación, siendo recomendable programar su consumo en la época de máxima demanda, de modo que los caudales manejados por hectárea sean mínimos, lo que permitirá que con un caudal disponible podamos regar una máxima superficie.

A continuación se desarrolla un ejemplo de cálculo de las necesidades de agua para un olivar tradicional adulto de 80 olivos/ha en t.m. de Villacarrillo que vegeta en un suelo franco-arcilloso, con las siguientes características:

Capacidad de campo ( gravimétrica): 24%

Punto de marchitamiento (gravimétrico): 9%

Profundidad de suelo explorado por las raíces: Zr = 1 m.

Densidad aparente del suelo: 1,5 t/m<sup>3</sup>.

Con estos datos, la máxima cantidad de agua disponible para el cultivo que el suelo es capaz de almacenar será:

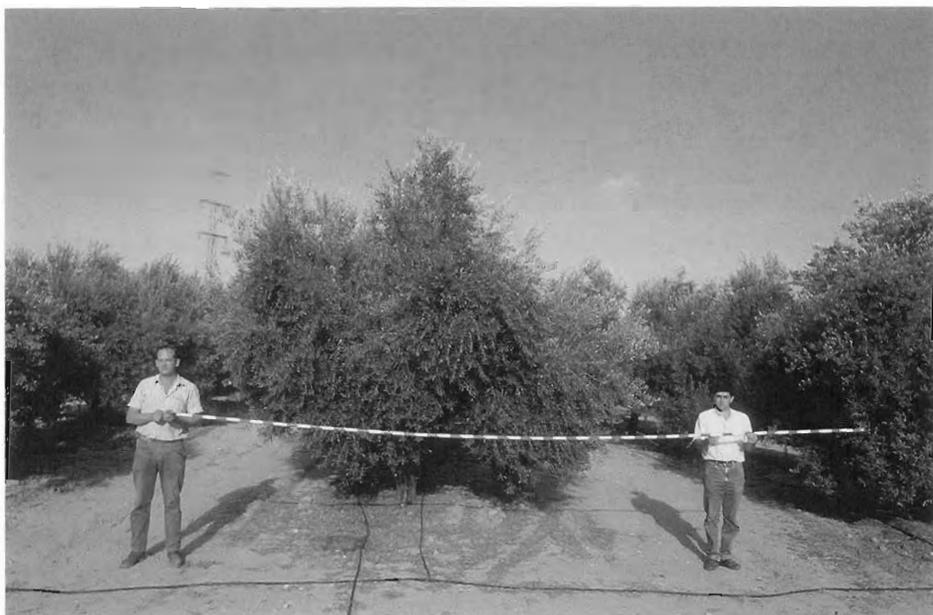
$$(0.24-0.09) \times 1 \text{ m} \times 1.500 \text{ Kg/m}^3 = 225 \text{ kg/m}^2 = 225 \text{ l/m}^2 = 225 \text{ mm.}$$

De éste agua, el 30% no debe ser utilizado por el cultivo (68 mm), ya que si lo hiciéramos afectaríamos negativamente la producción.

En Villacarrillo la pluviometría media anual para el período considerado (1981-1995) fué 505 mm, que para los cinco años de menor pluviometría la media se redujo a 381 mm, con escasas variaciones interanuales entre estos últimos.

Considerando una eficacia del agua de lluvia del 70% y despreciando las lluvias de escasa cuantía del período Junio-Septiembre, el agua disponible para el olivar es de 315 mm para el año medio, y 260 mm para los años secos.

El volumen de copa es un parámetro muy fácil de medir que define de una forma relativamente precisa el tamaño de los árboles y el potencial productivo de una plantación (**Fotografía 4**). En nuestro ejemplo el volumen de copa de la plantación a regar es de 12.000 m<sup>3</sup>/ha, al que corresponde un diámetro de copa



**Fotografía 4:** Los operarios proceden, con la ayuda de jalones graduados, a la medición del volumen de copa de los olivos, determinando en primer lugar el diámetro de la copa (foto superior), haciendo dos determinaciones perpendiculares entre si, y más tarde la altura de la copa (foto inferior). Una simple fórmula matemática permite determinar el volumen de cada árbol. Este es un dato imprescindible para la programación del riego.



por olivo de 7,24 m, y una superficie de suelo cubierta del 33%, por lo estimamos un valor de **kr** igual a 0.66.

Con todos estos datos se han elaborado varias **Tablas** para el cálculo de las necesidades de agua de riego que a continuación se expone:

Los valores de **ETo** se han calculado empleando la expresión de Hargreaves utilizando los valores medios mensuales de temperaturas de la estación meteorológica de Villacarrillo (**Tabla 4**), en la que se reflejan también los valores medios mensuales de pluviometría. El parámetro **Ra** es la **radiación extraterrestre**, tabulada (**Doorenbos y Pruitt, 1977**), que depende exclusivamente de la latitud. En las **Tablas 5-1 y 5-2** se calcula el valor de la **ETc mensual** a partir de los datos mensuales de **ETo**, del **kc** y de **kr**, reflejándose igualmente la precipitación eficaz (**Pe**) considerada. A partir de estos datos se ha calculado la reserva mensual de agua acumulada en el suelo. Se considera que se acumula agua en el suelo en los meses en que la pluviometría eficaz supera a la **ETc**.

**TABLA 4: Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo)**

	Ra mm/día	Tmax °C	Tm °C	Tmin °C	ETo mm/mes	Precip mm/mes (*)	Precip mm/mes (**)
ENERO	6.90	8.80	6.30	3.80	27	64	31
FEBRERO	9.00	10.80	7.15	3.50	39	67	20
MARZO	11.80	14.80	10.25	5.70	71	66	16
ABRIL	14.50	19.00	13.30	7.60	105	50	69
MAYO	16.40	25.40	19.25	13.10	152	37	40
JUNIO	17.20	29.30	23.00	16.70	172	21	30
JULIO	16.70	34.10	27.60	21.10	195	2	2
AGOSTO	15.30	32.10	26.45	20.80	162	8	3
SEPTIEMBRE	12.80	27.60	22.35	17.10	115	24	5
OCTUBRE	10.00	20.50	16.25	12.00	71	45	42
NOVIEMBRE	7.50	12.60	9.45	6.30	35	52	35
DICIEMBRE	6.10	8.90	6.10	3.30	25	69	88
				<b>TOTAL</b>	<b>1.169</b>	<b>505</b>	<b>381</b>

Ra: Radiación solar extraterrestre. Depende sólo de la latitud.

Tmax: Temperatura media de las temperaturas máximas del mes.

Tm: Temperatura media de las temperaturas medias del mes.

Tmin: Temperatura media de las temperaturas mínimas del mes.

(\*): Pluviometría media 1981-1995.

(\*\*): Pluviometría media de los cinco años más secos 1981-1995.

**TABLA 5.1: Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y de la reserva de agua en el suelo, para el año medio.**

	ETo mm/día	Pe mm/día	Kc	Kr	ETc mm/día	ETc-Pe mm/día	Reserva mm
ENERO	0.86	1.45	0.50	0.66	0.28	-1.16	36
FEBRERO	1.40	1.68	0.50	0.66	0.46	-1.21	34
MARZO	2.30	1.49	0.65	0.66	0.99	-0.50	16
ABRIL	3.50	1.17	0.60	0.66	1.39	0.22	—
MAYO	4.90	0.84	0.55	0.66	1.78	0.95	—
JUNIO	5.73	—	0.55	0.66	2.08	2.08	—
JULIO	6.29	—	0.55	0.66	2.29	2.29	—
AGOSTO	5.23	—	0.55	0.66	1.90	1.90	—
SEPTIEMBRE	3.83	—	0.55	0.66	1.39	1.39	—
OCTUBRE	2.28	1.02	0.60	0.66	0.91	-0.11	3
NOVIEMBRE	1.18	1.21	0.65	0.66	0.51	-0.71	21
DICIEMBRE	0.79	1.56	0.50	0.66	0.26	-1.30	40
<b>TOTAL</b>	<b>1169</b>	<b>315</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>435</b>	<b>—</b>	<b>—</b>

**TABLA 5.2: Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y de la reserva de agua en el suelo, para los cinco años más secos del periodo (1991 - 1992 - 1993 - 1994 - 1995).**

	ETo mm/día	Pe mm/día	Kc	Kr	ETc mm/día	ETc-Pe mm/día	Reserva mm
ENERO	0.86	0.70	0.50	0.66	0.28	-0.42	13
FEBRE	1.40	0.50	0.50	0.66	0.46	-0.04	1
MARZO	2.30	0.36	0.65	0.66	0.99	0.63	—
ABRIL	3.50	1.61	0.60	0.66	1.39	-0.22	7
MAYO	4.90	0.90	0.55	0.66	1.78	0.88	—
JUNIO	5.73	0.70	0.55	0.66	2.08	1.38	—
JULIO	6.29	—	0.55	0.66	2.29	2.29	—
AGOSTO	5.23	—	0.55	0.66	1.90	1.90	—
SEPTIEMBRE	3.83	—	0.55	0.66	1.39	1.39	—
OCTUBRE	2.28	0.95	0.60	0.66	0.91	-0.04	1
NOVIEMBRE	1.18	0.82	0.65	0.66	0.51	-0.31	9
DICIEMBRE	0.79	1.99	0.50	0.66	0.26	-1.72	53
<b>TOTAL</b>	<b>1169</b>	<b>259,7</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>435</b>	<b>—</b>	<b>—</b>

En las Tablas 6-1 y 6-2 se calculan, en función de los datos de **ETc** y **Pe**, las necesidades diarias de riego (**R**). En la *columna A* de dicha tabla se recogen las necesidades de riego diarias para cada uno de los meses, observándose que en esta primera opción no se ha utilizado la reserva útil de agua en el suelo, que ha permanecido invariable a lo largo del período de riego, considerando que dicha reserva constituye un margen de seguridad. En este caso, las necesidades de riego las hemos calculado por la expresión:

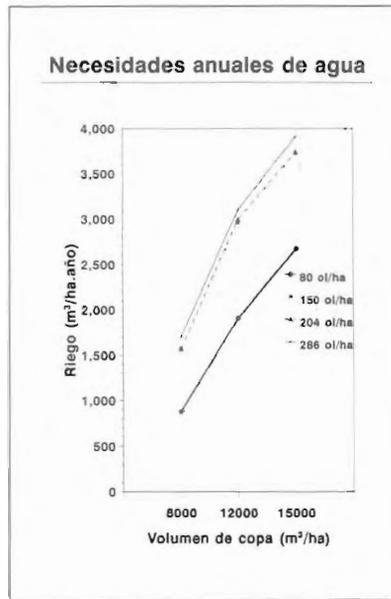
$$R_n = (ET_c - P_e) \times S \text{ ( m}^2/\text{ol)}$$

siendo *S* la superficie ocupada por cada olivo, que para el olivar de nuestro ejemplo es de 125 m<sup>2</sup>/olivo (10.000 m<sup>2</sup>/ha / 80 olivos/ha).

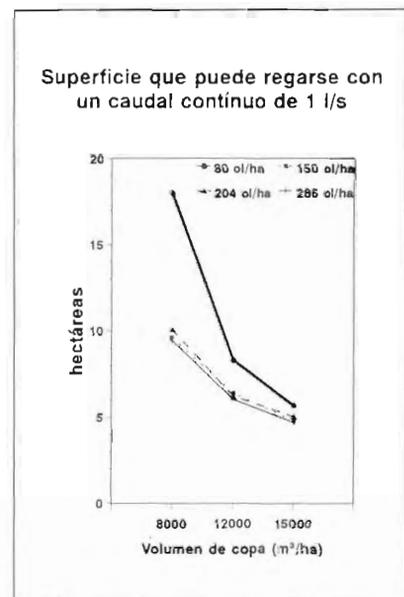
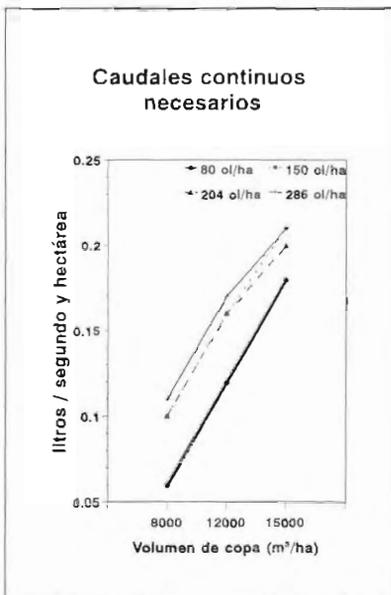
**TABLA 6.1:** Cálculo de las dotaciones mensuales de agua de riego en el caso en que no se utilice la reserva (Columna A) y en el caso en que se utilice la reserva del suelo hasta el NAP (Columna B). Cálculos realizados para el año medio.

	A			B		
	RIEGO l/oliv/día	RESERVA mm	RESERVA DISPONIBLE mm	RIEGO RECORTADO l/oliv/día	RESERVA mm	RESERVA DISPONIBLE mm
ENERO	—	101	33	—	101	33
FEBRERO	—	135	67	—	135	67
MARZO	—	150	83	—	150	83
ABRIL	28	150	83	130	175	108
MAYO	118	150	83	130	178	111
JUNIO	260	150	83	130	147	79
JULIO	285	150	83	130	108	41
AGOSTO	237	150	83	130	82	14
SEPTIEMBRE	174	150	83	130	71	4
OCTUBRE	—	3	—	—	75	7
NOVIEMBRE	—	25	—	—	96	32
DICIEMBRE	—	65	—	—	136	97
l/oliv/año	33.683	—	—	23.790	—	—
m <sup>3</sup> /Ha/año	2.701	—	—	1.908	—	—

Teniendo en cuenta que las disponibilidades de agua en la zona para el riego del olivar son muy limitadas, planteamos la posibilidad de utilización de la reserva hasta el **NAP**, en base a un programa de riego con una dotación mensual constante de 130 l/olivo y día durante el período abril-septiembre (*columna B*), lo cual permitiría regar una superficie teórica de 8,3 hectáreas con un caudal de 1 l/s, resultando un caudal ficticio continuo muy reducido (0,12 l/s.ha), mientras que no utilizando la reserva se necesitarían 0,27 l/s.ha, por lo que con 1 l/s sólo se podrían regar 3,8 hectáreas.



**Figura 8:** Las necesidades anuales de agua para el olivo dependen de la densidad de plantación y del desarrollo de los olivos (volumen de copa). Dichas necesidades aumentan en el caso de las plantaciones intensivas y para árboles frondoso y de gran volumen de copa.



**Figura 9:** Los caudales continuos necesarios para riego del olivar son también mayores en el caso de las plantaciones intensivas. Con un caudal continuo de 1 l/s es posible regar una mayor superficie en olivar tradicional (<80 olivos/ha) que en olivar intensivo (>150 olivos/ha).

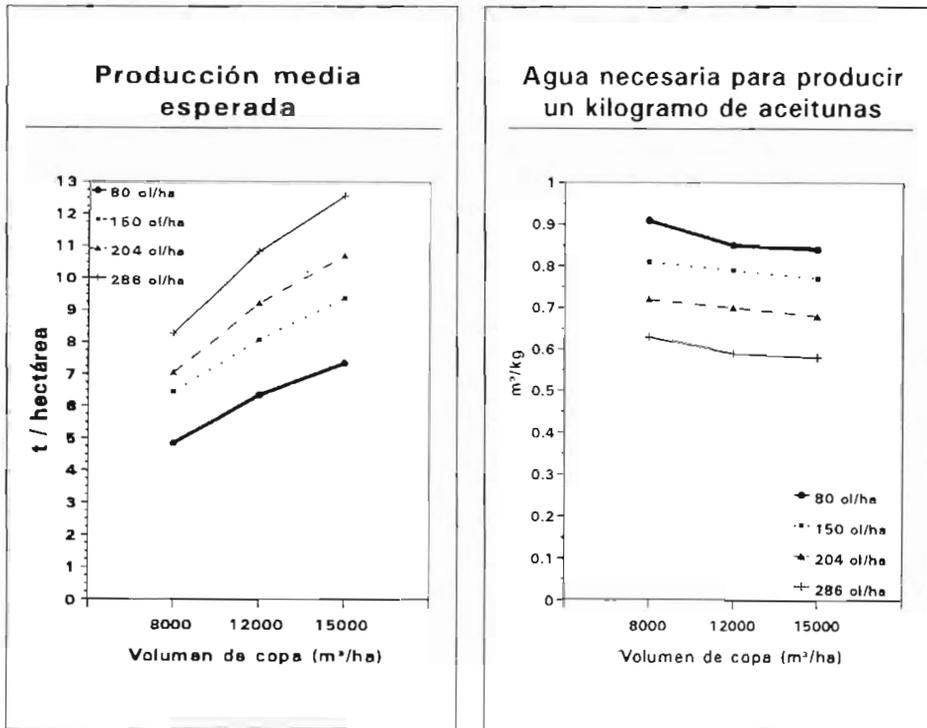


Figura 10: La producción de aceituna que cabe esperar en una plantación intensiva de riego es mucho mayor que en una plantación tradicional. Puestos a diseñar una nueva plantación de olivar en regadío, la plantación intensiva permite aumentar la eficiencia del agua, ya que se necesita una menor cantidad de agua para formar un kilogramo de aceitunas que en el olivar tradicional. Mantener olivos de gran tamaño, poco podados, permite también aumentar la eficiencia del agua aplicada, por lo que deben evitarse las podas severas que reduzcan permanente el volumen de los árboles.

para producir un kilogramo de aceitunas (Figura 10-2). En este caso vemos como es más rentable regar las plantaciones más densas, ya que se aumenta la eficiencia del agua, observándose igualmente que para una determinada densidad de plantación, es interesante reducir la intensidad de la poda y permitir que los olivos alcancen un mayor desarrollo.

### I.5.- PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO

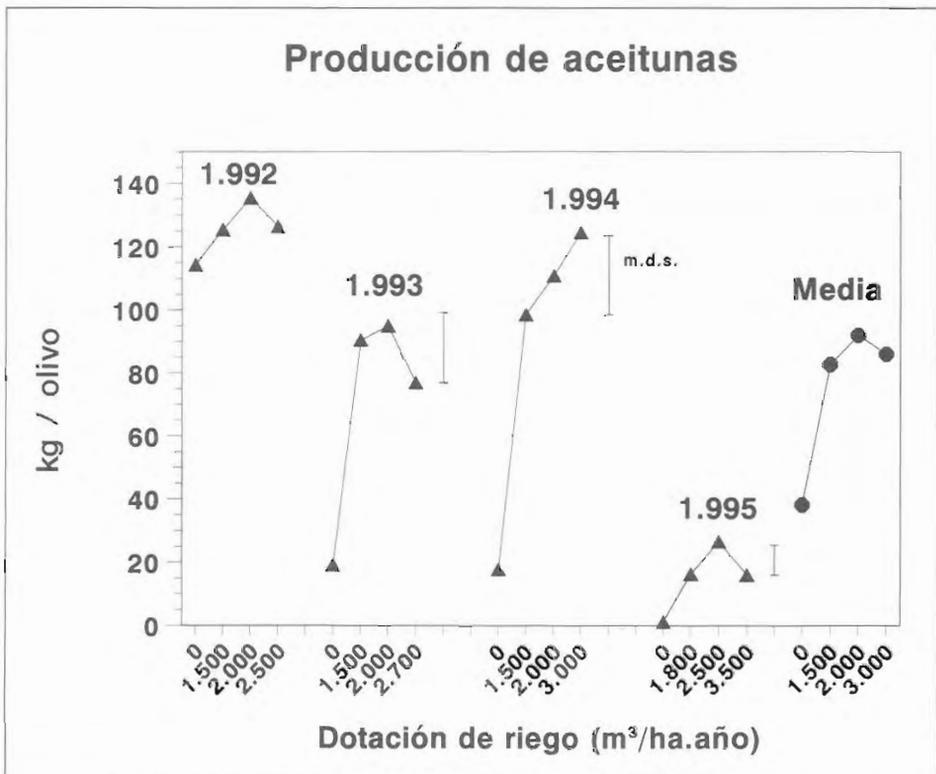
Hemos aprendido a calcular las necesidades máximas de riego en el olivar, pero desgraciadamente en las zonas olivareras casi nunca se dispone de dotaciones suficientes de agua para cubrir dichas necesidades, por lo que de un modo simplista podríamos plantearnos la siguiente disyuntiva:

*regar con la dosis óptima de agua una determinada superficie,*  
*o*  
*regar el doble de esta superficie con la mitad de la dosis óptima.*

Desconociéndose la función de producción (respuesta productiva al agua por el olivar), esta pregunta es imposible de responder en estos momentos.

Ensayos de campo que se realizan en la actualidad parecen mostrar que desde el punto de vista económico, y para el olivar de almazara, la segunda disyuntiva podría ser más interesante, sobre todo si pensamos en una planificación del riego a nivel regional y con graves limitaciones de agua. Como se expuso anteriormente, existen ensayos, como el realizado por Solé (1990), en los que con pequeñísimas aportaciones de agua se obtuvieron importantes aumentos en la producción de aceitunas.

En un ensayo realizado durante 4 años en la provincia de Jaén en un olivar tradicional (80 ol/ha), en suelo profundo y con adecuada capacidad de almacenamiento de agua, se ha comprobado (Figura 11) como la aportación de una pequeña dotación diaria de agua, constante durante todo el período marzo-octubre (por ejemplo 80 l/olivo.día), totalizando de este modo una aportación anual de 1.500 m<sup>3</sup>/ha, puede permitir obtener muy buenas producciones y realizar



**Figura 11:** Producciones medias obtenidas en un ensayo de dosis de agua de riego en la finca Los Robledos (Santisteban del Puerto) en olivar tradicional adulto. En años tan secos como 1993 a 1995, en los que la pluviometría media fue inferior a 300 mm, el riego aumentó espectacularmente las producciones medias de aceitunas.

instalaciones de muy bajo coste, haciendo viables proyectos de riego que permitan regar una gran superficie empleando unos caudales unitarios muy bajos (Pastor y Orgaz, 1994). El ensayo descrito se realizó en años con una pluviometría media de 350 mm.

En un suelo con gran capacidad de almacenamiento de agua y con una climatología similares a las del ensayo descrito anteriormente, estas dotaciones podrían situarse orientativamente entre **1.500 y 2.000 m<sup>3</sup>/ha para olivar tradicional (Figura 11)** y entre **2.500 y 3.000 m<sup>3</sup>/ha para olivar intensivo**, en función de la pluviometría anual, siempre que se manejara correctamente el volumen de copa de los olivos. Las dotaciones mencionadas anteriormente pueden resultar totalmente insuficientes, y deberían ser reconsideradas, si después de varios años de sequía, como ocurrió en el mencionado experimento (Figura 12), la reserva del agua del suelo se fuera agotando a pesar del riego, no disponiéndose en este caso de una adecuada reserva en el suelo después del período de lluvias, o en los casos en que habiendo existido lluvias el suelo no es capaz de almacenar suficiente cantidad de agua (suelos arenosos y/o poco profundos).

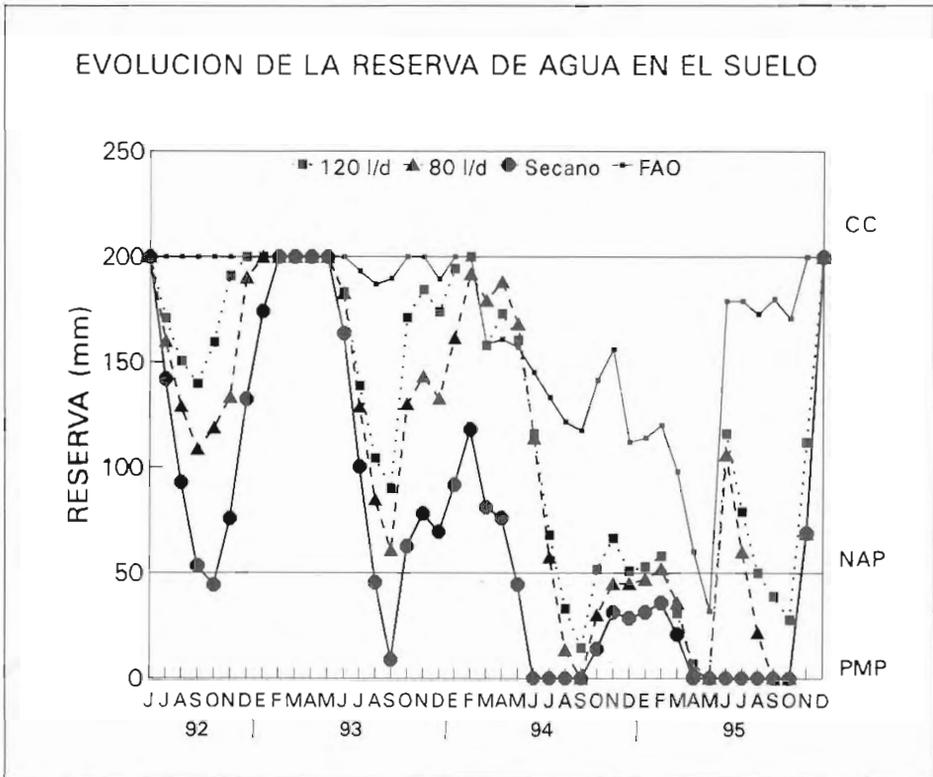
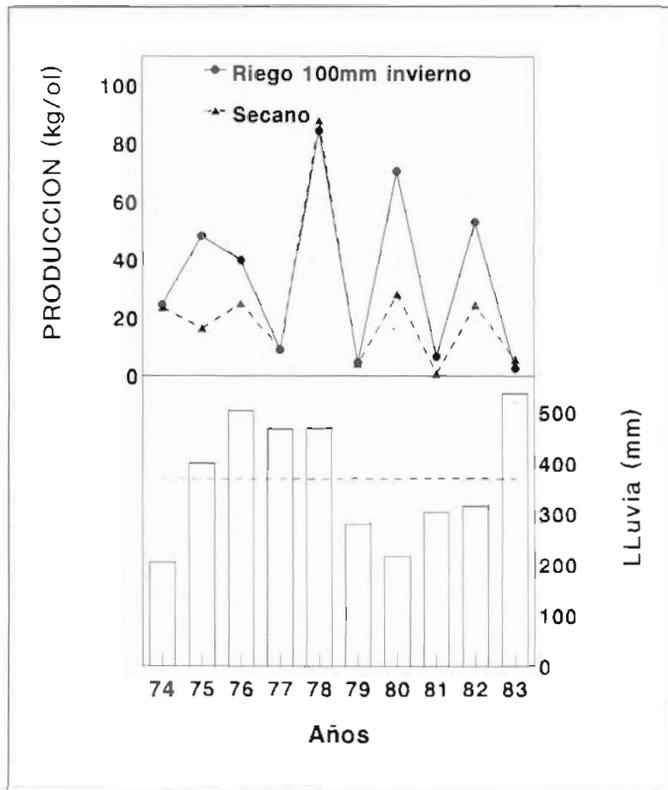


Figura 12: Evolución de la reserva teórica de agua en el suelo durante el período 1 de julio de 1992 - 31 diciembre 1995. A pesar del riego los olivos regados utilizaron gran parte o la totalidad de dicha reserva. Por esta razón, el olivo puede ser un cultivo idóneo para emplear programas de riego con déficit hídrico controlado.

Otra posibilidad de riego en olivar podría ser emplear **recursos hídricos de invierno**, bien porque se disponga de caudales intermitentes (arroyos, manantiales, pozos, etc.), o bien cuando el agua no se utilice en este momento para otros cultivos, realizando elevaciones desde los ríos o rebombes desde instalaciones existentes. Esta práctica es muy interesante, y fue documentada en un ensayo realizado durante 10 años por la Estación de Olivicultura Venta del Llano (Mengíbar), en la que la aportación de **1.000 m<sup>3</sup>/ha en invierno**, utilizando un sistema de riego con cobertura total mediante aspersion, aumentó la producción de aceituna en más del 50% (Figura 13). La única limitación de esta práctica es disponer de un **suelo con una alta capacidad de retención de agua y profundo** en el que el sistema de riego permite aplicar el agua de modo que se infiltre el máximo volumen y se moje una gran superficie, para que el volumen de agua almacenada sea máximo, evitando así la escorrentía o el drenaje hacia capas profundas.



**Figura 13:** Cuando solo se dispone de agua durante el invierno, el riego en esta época puede ser muy interesante en olivar si se dispone de un tipo de suelo que permita almacenar este agua, y de un sistema de riego que permita mojar un gran volumen de suelo. En esta situación un riego de invierno de 100 mm (1.000 m<sup>3</sup>/ha) permitió aumentar en un 50% la producción de un olivar tradicional en Mengíbar (Jaén). Los datos corresponden a un experimento realizado por la Estación de Olivicultura de Jaén durante 10 años, en una zona con pluviometría media inferior a 400 mm/año.

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir plantea, ante la escasez de recursos hídricos durante el verano, los riegos bombeando agua de los ríos principales en épocas en las que el agua va al mar o no se utiliza para otros cultivos (15 septiembre - 15 abril), permitiendo acumular en balsas pequeñas dotaciones de agua para realizar un riego de socorro durante el verano (julio-agosto). Pensamos que si se dispone de un suelo con capacidad para almacenar la cantidad de agua propuesta (1.500 m<sup>3</sup>/ha en el olivar tradicional), y una instalación que permita mojar una gran superficie, esta estrategia de riego podría ser muy interesante. Como ya se dijo anteriormente, el punto débil de este sistema es la percolación profunda o la escorrentía del agua aportada, en especial en los años de gran pluviometría invernal, en los que posiblemente fuese más rentable un riego con menor dotación, pero aportada el agua en otro momento más crítico, evitando, por ejemplo, el estrés hídrico del verano.

Si dispusiésemos de una pequeña cantidad de agua embalsada y nos permitieran usarla cuando quisiéramos, lo que no siempre es posible, una estrategia podría ser la siguiente: intentar llegar a la floración sin que la planta haya sufrido déficit hídrico, lo que es relativamente fácil en los años normales en las condiciones de secano en Andalucía (**Figura 5**); mediante el riego a final de primavera-principio de verano, aunque fuera con una pequeña dotación de agua, habría que asegurarse la permanencia en el árbol de la mayor parte de la población de frutos cuajados; e intentar llegar al endurecimiento del fruto sin un marcado déficit hídrico. Durante el verano, mediante el riego habría que mantener el árbol con una cierta actividad vegetativa, manteniendo un mínimo nivel de fotosíntesis y transpiración, lo que permitiría un gradual llenado de los frutos, y enlazar finalmente con el otoño, momento en que suelen producirse las lluvias, que normalmente hacen posible la maduración de las aceitunas. Si aún se dispusiera de algo de agua, el riego de principio de otoño, como se ha dicho anteriormente, puede ser fundamental.

## I.6.- INSTALACIONES DE RIEGO

En olivar nos inclinamos por el empleo de sistemas localizados de alta frecuencia, y entre ellos por el de **riego por goteo** en la mayoría de las situaciones, teniendo en cuenta los buenos resultados obtenidos en Andalucía, en donde en la actualidad es el sistema más empleado en los nuevos regadíos en la provincia de Jaén. Sólomente en los **suelos ligeros y con baja capacidad de retención de agua**, nos inclinaríamos por sistemas como la microaspersión bajo copa, empleando en este caso emisores autocompensantes de bajo caudal, ya que este tipo de riego permitiría mojar una mayor superficie, evitando así pérdidas de agua por drenaje profundo.

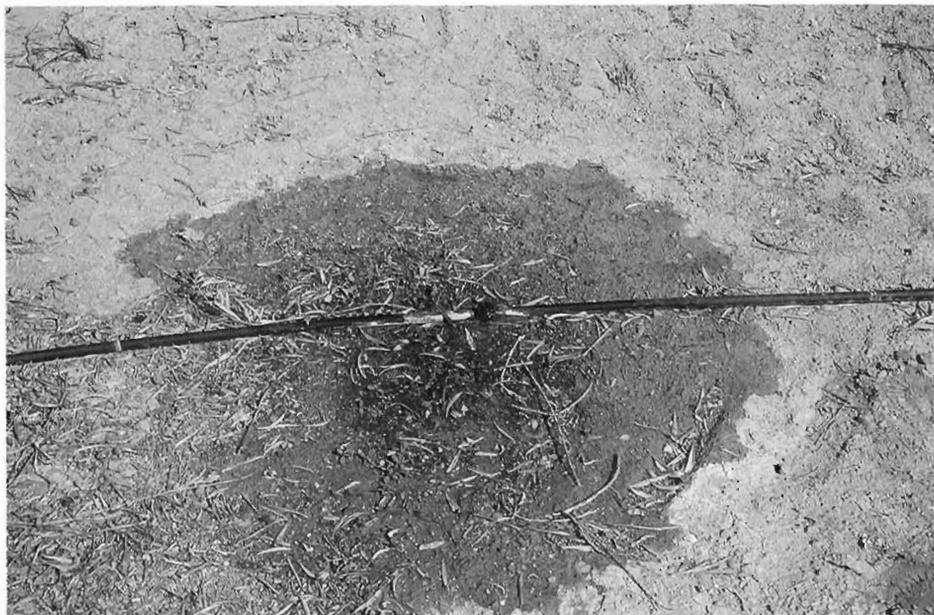
La gran ventaja que proporciona el riego por goteo es el **ahorro de agua**, debido a un aumento de la eficiencia en su distribución, así como pérdidas por diversos conceptos (evaporación fundamentalmente). En un trabajo realizado por **Le Bourdelles y col. (1983)** en un olivar de la isla de Córcega durante 8 años, en el que se compararon diferentes sistemas de riego, en **goteo**, donde se aportaron 236 mm/año, se obtuvo un aumento medio de producción de aceitunas del 7,5 % con respecto a la **aspersión**, sistema en el que se aportaron 367



**Fotografía 5:** Estación de filtrado de una moderna instalación de riego por goteo en la localidad de Canena en Jaén. La instalación cuenta con filtros de arena, filtros de malla, y posibilita igualmente la fertirrigación, a través de la propia instalación de riego por goteo.



**Fotografía 6:** Los riegos por aspersión o por toberas están siendo desplazados por los riegos localizados en las preferencias de los olivereros, debido a su mayor eficiencia.



**Fotografía 7:** En terrenos francos o arcillosos el riego por goteo es la solución más interesante, ya que permite un bajo coste de instalación. El empleo de goteros autocompensantes hace posible obtener la máxima eficiencia en el uso del agua. En suelos arenosos nos inclinamos por el empleo de microaspersores autocompensantes que permitan mojar una mayor superficie, lo que evitará las pérdidas de agua por percolación profunda.



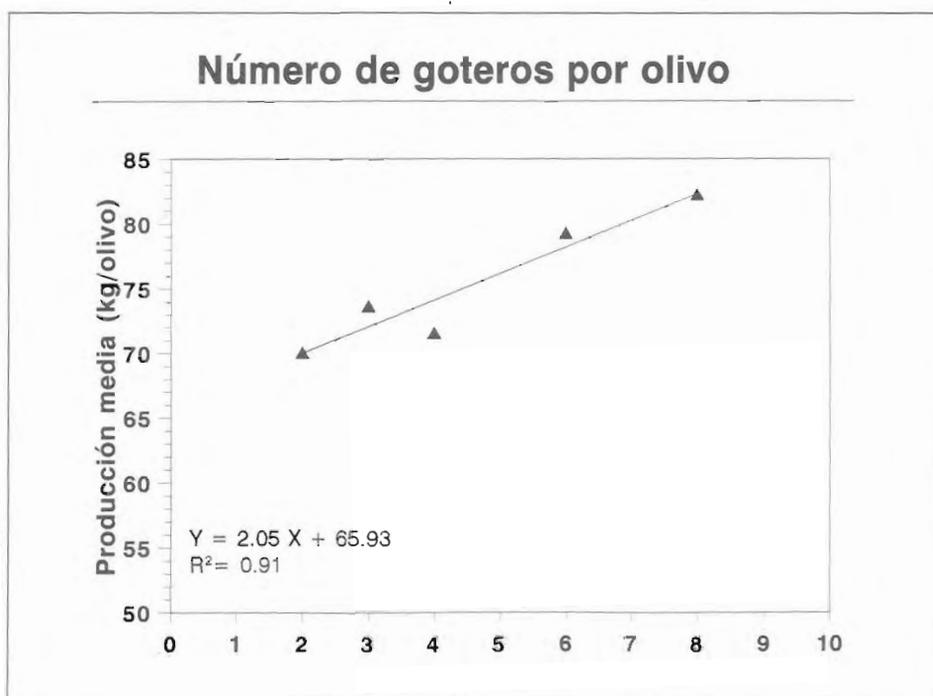
mm/año, lo que representó regar con un 55% más de agua. El mencionado autor recomienda que en la programación del riego se empleen diferentes valores del  $k_c$  en función del sistema de riego utilizado:

**$k_c = 1,0$  en riego a pié**

**$k_c = 0,8$  en riego por aspersión**

**$k_c = 0,6$  en riego por goteo**

Decididos por los riegos localizados de alta frecuencia, debemos decir que en nuestra región se conocen a la perfección este tipo de instalaciones, por lo que se están realizando riegos modernos y bastante bien diseñados, equipados con los últimos adelantos de la técnica, por lo que poco tenemos que aportar en este tema. Sin embargo, pensamos que la única objeción que cabe hacer es el número de puntos de goteo que se están instalando, dos en la mayoría de los casos, número que a nuestro juicio es totalmente insuficiente, lo que puede afectar a la producción y crecimiento del cultivo, como ya demostraron **Porras y col.** (citados por **López y López, 1995**) también en el caso del olivar.



**Figura 14:** En olivar tradicional de tres troncos mojar un gran volumen de suelo siempre parece interesante. En dos años tan secos como lo fueron 1994 y 1995, y aplicando  $2.500 \text{ m}^3/\text{ha}$ , se obtuvo una clara respuesta del olivo a la aplicación de la misma cantidad de agua con diferente número de emisores. El empleo de mayor número de goteros permitió aumentar la eficiencia de la instalación. En olivos en que se aplicó el agua en 2 ó 3 puntos, muchas zonas del árbol padecieron estrés hídrico (frutos arrugados y hoja vuelta) durante el verano.

En esta región existe información de campo sobre la influencia que tiene el número de goteros instalados sobre la producción del olivar. En un experimento realizado durante los años 1994 y 1995, años que fueron extraordinariamente secos, en un olivar tradicional en Santisteban del Puerto, se regó por goteo aplicando un volumen anual de agua de 2.500 m<sup>3</sup>/ha, con una instalación que permitía aportar 16 litros de agua por hora, instalándose **2 - 3 - 4 - 6 y 8 puntos de goteo por olivo**, combinando para ello goteros autocompensantes de 2, 4 y 8 l/hora. Los resultados de este experimento se presentan en la **Figura 14** en la que podemos ver como para una idéntica cantidad de agua aportada anualmente por olivo, la producción media de aceitunas aumentó al hacerlo el número de puntos húmedos, lo que resalta la importancia de un buen diseño del riego en la eficiencia del uso del agua.

En la mayoría de las situaciones se debe mojar la máxima superficie posible y colocar los goteros bajo la copa para reducir las pérdidas de agua por evaporación. Cuando el diseño de la instalación lo permita, habría que recomendar el aumento del número de goteros ya instalados, si se consideran insuficientes, lo que teniendo en cuenta los aumentos de producción obtenidos, sería económicamente rentable. En plantaciones con dos goteros de 8 l/hora se podrían instalar sin excesivos problemas 8 goteros de 2 l/h o bien 4 goteros de 4 l/h, sin necesidad de reformar la instalación ni la red de tuberías.

Teniendo en cuenta los datos presentados, habría que reconsiderar la planificación de regadíos que se ha realizado en algunas zonas de Jaén, en las que a



**Fotografía 8:** Si no se dispone de agua durante todo el año, lo ideal es almacenar en balsas una cantidad de agua que permita regar en los momentos oportunos, evitando que el árbol padezca un déficit hídrico severo, lo que repercutiría negativamente sobre la producción.

pesar de trabajar en suelos muy arcillosos se regará fundamentalmente en invierno, y en las que el agua se aportará utilizando únicamente dos emisores en cada árbol, por lo que estaríamos restringiendo el volumen de suelo para almacenamiento de agua. En nuevas instalaciones se debería programar la insción de un mayor número de emisores, ya que a la hora de presupuestar una instalación, la inversión en goteros es de los capítulos menos importantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DETTORI, S. (1987).** Estimación con los métodos de la F.A.O. de las necesidades de riego de los cultivos de aceituna de mesa en Cerdeña. *OLIVAE*, 17, 30-35.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. (1977).** Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio F.A.O.: Riego y Drenaje nº 24. Roma.
- DOORENBOS, J.; KASSAM A.H. (1980).** Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio F.A.O.: Riego y Drenaje nº 33. Roma.
- FERERES, E. (1987).** Necesidades hídricas de los cultivos. Eficiencia de los métodos de aplicación y consumos totales de agua a nivel parcela. Actas Simp. Necesidades Hídricas de los Cultivos y su Abastecimiento. Madrid, 3-4 noviembre.
- GARCÍA-FERNÁNDEZ, M.D.; BERENGENA, J. (1993).** Respuesta del olivo a diferentes dosis de agua de riego. Estimación de coeficientes de cultivo. Actas XI Jornadas Técnicas de Riegos. pp. 107-113. Valladolid, Junio.
- GOLDHAMER, D.A.; DUNAI, J.; FERGUSON, L. (1994).** Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta Horticulturae*, 356, 172-175.
- HARGREAVES, G.L.; HARGREAVES, G.H.; RILEY, J.P. (1985).** Irrigation water requirements for Senegal river basin. *J. of Irrigation and Drainage Division*, III (3), 265-275.
- LE BOURDELLES, J.; FAVREAU, P.; DURAND, S. (1983).** Controles sous goutte a goutte et aspersion a la Station de Migliacciaro (Corse). Act. Red Europea de Investigación Cooperativa en Oleicultura. FAO. Lecce (Italia).
- LÓPEZ GARCÍA, L., LÓPEZ PERALES, J.A. (1995).** El riego localizado en el cultivo del olivo. En: Porras, Cabrera y Soriano. *Olivicultura y Elaiotecnica*. Colección Estudios. Universidad de Castilla-La Mancha.
- MANTOVANI, C.E.; BERENGENA, J.; VILLALOBOS, F.; ORGAZ, F.; FERERES, E. (1991).** Medidas y estimaciones de la evapotranspiración real del trigo de regadío en Córdoba. Actas IX Jornadas Técnicas de Riegos. Granada, Junio.
- MICHELAKIS, N. (1995).** Efecto de las disponibilidades de agua sobre el crecimiento y el rendimiento de los olivos. *OLIVAE*, 56, 29-39.
- PASTOR, M. (1994).** Plantaciones intensivas de olivar. *Agricultura*, 746, 738-744.
- PASTOR, M.; ORGAZ, F. (1994).** Riego deficitario del olivar. *Agricultura*, 746, 768-776.
- ROJAS, R. (1995).** Evaluación de usos y demandas hídricas en el riego del olivar en las comarcas de Sierra de Cazorla y Sierra de Segura en la provincia de Jaén. Trabajo profesional Fin de Carrera. E.T.S.I. Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba.
- SOLÉ RIERA, M.A. (1990).** The influence of auxiliary drip irrigation with low quantities of water in olive trees in Las Garrigas (cv. Arbequina). *Acta Horticulturae* 286, 307-310.

## ***CAPÍTULO II***

# **RIEGO DEL OLIVAR CON AGUA SALINA**

Autor: Luciano Mateos Iñiguez (\*)

(\*) Instituto de Agricultura Sostenible. Córdoba. C.S.I.C.



Al coincidir en los últimos años la extensión de la superficie de olivar regado con la escasez de agua, los olivereros han perforado pozos cuyas aguas son de calidad diversa, pudiendo ser desde dulces hasta muy salinas, o bien con altas concentraciones de algún ion tóxico. Es por tanto necesario conocer los límites de salinidad que permiten mantener los rendimientos, y aprender a manejar el riego cuando el agua no sea de buena calidad.

## II. 1.- MEDIDA DE LA SALINIDAD

La salinidad del agua se mide por su concentración de sales. Esta concentración puede expresarse en gramos de sales contenidos en un litro de agua (g/l) o en partes por millón (ppm), que es igual que mg/l.

Otra forma de expresar la salinidad de una muestra es mediante su conductividad eléctrica (CE). El valor de CE se expresa en deciSiemens por metro (dS/m), que es igual que milimohos por cm (mmhos/cm), una forma más antigua de expresar la CE. Todas las unidades anteriores pueden convertirse entre sí utilizando las siguientes equivalencias:

Para obtener	a partir de	multiplicar por
dS/m (o mmhos/cm)	g/l	1.43
	mg/l (o ppm)	0.00143
g/l	dS/m (o mmhos/cm)	0.7
	mg/l (o ppm)	0.001
mg/l (o ppm)	dS/m (o mmhos/cm)	700
	g/l	1000

Existen numerosos laboratorios agrarios con facilidades para determinar la conductividad eléctrica. Cuando a ellos llevemos una muestra de agua, el resultado vendrá expresado en alguna de las unidades mencionadas más arriba. En el caso de que sea una muestra de suelo lo que nos hayan analizado, el valor de CE del informe se referirá al extracto saturado de la muestra, es decir, habrán saturado la muestra de tierra, posteriormente habrán extraído la solución, y sobre ese extracto habrán determinado la CE.

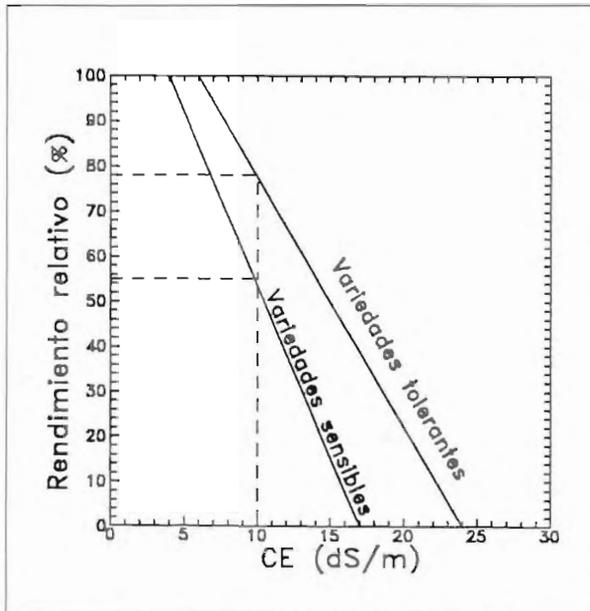
## II. 2.- SENSIBILIDAD DEL OLIVO A LA SALINIDAD

Para definir la tolerancia a la salinidad de un cultivo suele usarse el valor de CE del extracto saturado del suelo por encima del cual comienza a observarse

caída de rendimiento (lo que se conoce como umbral de tolerancia). Para completar la definición de la respuesta a la salinidad, también suele cuantificarse la caída de rendimiento conforme CE aumenta por encima del umbral de tolerancia.

Aunque al olivo se lo clasifica como una especie moderadamente tolerante a la salinidad, se conoce poco sobre el comportamiento del cultivo en distintas condiciones de salinidad, así como la diferencia de respuesta entre variedades. El umbral de tolerancia está alrededor de 4 dS/m y puede llegar a 6 dS/m en variedades adaptadas a la salinidad. Si el rendimiento máximo que puede alcanzarse con agua dulce es 100%, conforme aumenta la salinidad, los rendimientos bajarán de acuerdo con la **Fig. 1**. Si nuestra variedad es sensible, una CE de 10 dS/m en el extracto saturado del suelo significa que el rendimiento será sólo un 55% del potencial. En el caso de que nuestra variedad fuera tolerante, el rendimiento podría encontrarse alrededor del 78 % del potencial. El resto de las variedades se encontrarían entre estos dos límites, y para cualquier otro valor de CE, el área delimitada por las dos rectas de la figura es la región donde podemos encontrar la respuesta de los olivos a la salinidad.

Pero los cultivos, aparte de ser sensibles a la salinidad como tal, son sensibles a concentraciones relativamente altas de algunos iones específicos. Uno de estos iones es el **sodio**, que se encuentra bien en la solución del suelo o bien fijado a las partículas del suelo junto con otros iones (calcio y magnesio fundamentalmente). Si el porcentaje de sodio que se intercambia con otros iones fijados a las partículas del suelo (Porcentaje de Sodio Intercambiable, PSI) es su-



**Figura 1.** Relación entre el rendimiento relativo (expresado en %) del olivo y la salinidad del extracto saturado del suelo, para una variedad sensible y otra tolerante. El trazo discontinuo desde el valor de CE=10 sirve para estimar la respuesta a las sales de variedades con distinta sensibilidad a la salinidad.

perior al 20 %, el olivo empieza a tener problemas. Otras veces, los informes de los laboratorios agrarios hablan de Relación de Adsorción de Sodio (RAS) en vez de PSI, pero los valores de ambos son similares, es decir, un valor de PSI igual a 20 significa que el RAS vale también alrededor de 20.

Otro de los iones que causan problemas en los árboles es el **boro**. Concentraciones de boro en el suelo superiores a 2 ppm pueden ser tóxicas para el olivo, aunque este valor, como los dados para el sodio y la CE, deben tomarse con todas las reservas, primero por la escasez de información con que contamos para el olivo en este campo, y segundo porque una concentración determinada de un ión o de sales en general, puede causar daño o no dependiendo del manejo del suelo y del agua que el agricultor esté haciendo en su olivar.

### II.3.- DISTRIBUCIÓN DE SALES EN FUNCIÓN DEL RIEGO

El agua de riego puede suponer un aporte de sales que tenderán a acumularse en el suelo, ya que el agua que se evapora directamente desde la superficie del suelo lo hace sin llevarse sales, y aunque las raíces absorben sales, lo hacen selectivamente. Sin embargo, es también con el agua de riego con lo que podemos sacar (lavar) sales del suelo si hacemos aportaciones superiores a las necesidades del cultivo, es decir, si provocamos drenaje. Por tanto, en general las sales se acumularán en las zonas del suelo donde más agua se evapora y menos agua fluye arrastrando (lavando) sales.

Lo anterior implica que el método de riego afectará a la distribución de sales en el suelo (**Fig. 2**). El riego por goteo humedece sólo parte del suelo, y por tanto sólo bajo el gotero se lavarán las sales, y en la periferia del bulbo húmedo tenderán a acumularse, especialmente en la zona próxima a la superficie del suelo donde la evaporación es mayor. El riego a manta hace un buen lavado bajo casi toda la superficie, pero falla en el caballón. El riego por aspersión es de cobertura total y por tanto desplaza las sales por igual bajo toda la superficie.

También la frecuencia del riego afecta al daño causado por las sales. Justo después del riego, el contenido de agua del suelo es elevado y las sales están diluidas. Conforme el suelo se va secando, las sales se concentran y es entonces cuando pueden causar más daño. El riego de alta frecuencia, como debe ser el riego por goteo, mantiene un contenido de humedad constante en el suelo, y por tanto es capaz de mantener las sales diluidas al menos en el bulbo húmedo, que es precisamente donde más raíces se desarrollan. Por el contrario, si durante el verano se riega cada semana o cada 10 o más días, es decir, si el riego es de baja frecuencia, al final de cada período entre riegos, las sales se habrán concentrado y causarán más daño a los árboles. Esto es lo que explica que, cuando el agua de riego es salina, los árboles responden mejor si se riegan por goteo en vez de a manta.

A pesar de esta ventaja del riego localizado, hay que tener algunas precauciones. En primer lugar, al ser más fácil ajustar la dosis de riego, tiende a no aportarse el agua en exceso necesaria para lavar las sales. En segundo lugar, la ocurrencia de un día de lluvia no debe inducir a disminuir la dosis de riego de ese día, sino todo lo contrario, ya que el agua de lluvia puede movilizar las sales acumuladas en la periferia del bulbo y contaminarlo.

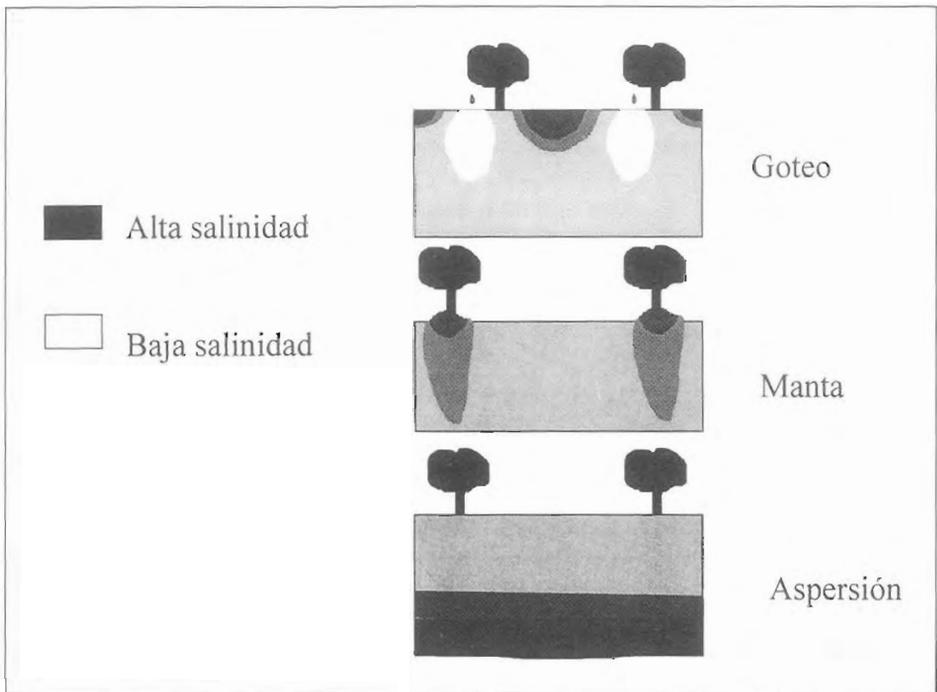


Figura 2. Distribución de las sales con distintos métodos de riego.

#### II.4.- NECESIDADES DE LAVADO

Ya se ha dicho anteriormente que, así como es el agua de riego es la importadora de sales, también es el medio de exportarlas. Se puede por tanto asegurar un máximo contenido de sales en el suelo aportando agua en exceso sobre las necesidades del olivar, es decir, provocando drenaje. El agua de lavado necesaria (Necesidades de Lavado, NL), es la fracción del agua de riego que debe drenar para mantener la salinidad del suelo por debajo del valor umbral de CE a partir del cual habrá pérdida de cosecha, es decir, los 4-6 dS/m mencionados más arriba. Esta fracción será también función de la salinidad del agua de riego (Fig. 3).

Vemos que la Fig. 3 distingue además entre riego de baja frecuencia (a manta o aspersión) y riego de alta frecuencia (goteo), siendo las Necesidades de Lavado inferiores para este último. Veamos por ejemplo cuales serían las necesidades de lavado en un olivar regado por goteo con agua de 5 dS/m. Entrando en la gráfica de la Fig. 3 correspondiente a goteo, vemos que para agua de 5 dS/m, NL sería 0.1 si la variedad fuera tolerante y 0.35 si fuera sensible. Es decir, el exceso de agua que debemos aportar tendría que ser entre un 10 y un 35% de las necesidades de riego netas. Si el riego fuera a manta, NL estaría entre 0.23 y 0.45.

Suponiendo que ya hemos elegido un valor de NL, las necesidades de riego brutas ( $NR_b$ ) pueden calcularse a partir de las necesidades de riego netas ( $NR_n$ ),

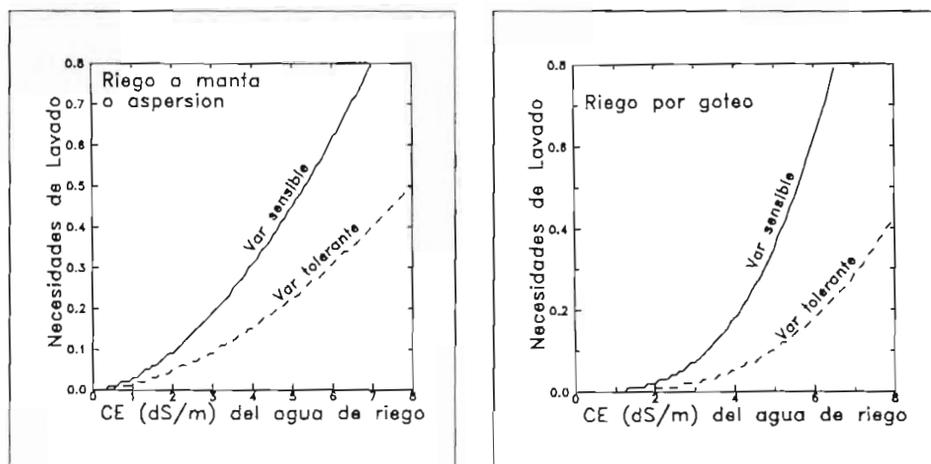


Figura 3. Necesidades de lavado para olivar en función de la CE del agua y la sensibilidad a la salinidad de la variedad.

que es básicamente la evapotranspiración, utilizando la siguiente ecuación:

$$NR_b = NR_n / (1 - NL)$$

es decir, suponiendo que  $NR_n$  es  $20 \text{ l/m}^2$  y que se ha elegido un valor de NL igual a 0.2, podemos calcular  $NR_b$  como  $NR_b = 20 / (1 - 0.2) = 25 \text{ l/m}^2$ , con lo que estaríamos aplicando un exceso para el lavado de sales igual a  $5 \text{ l/m}^2$ .

En el caso de que el olivarero tenga un suministro de agua dulce que pueda complementar el de agua salina, una estrategia para reducir las necesidades de lavado es mezclar el agua salina con el agua dulce. Imaginemos que el olivarero tiene una balsa en la que pudo almacenar durante el invierno  $1000 \text{ m}^3$  de agua con  $1 \text{ dS/m}$  de CE, y que sus necesidades de riego son  $4000 \text{ m}^3$ . Para completar estas necesidades, cuenta además con agua de  $5 \text{ dS/m}$  que bombea de su pozo. En este caso podrá usar una fracción de  $1/4$  ó  $0,25$  ( $1000 \text{ m}^3$ ) procedente de la balsa más una segunda fracción de  $3/4$  ó  $0,75$  ( $3000 \text{ m}^3$ ) procedente del pozo. Por tanto, la mezcla de agua tendrá:  $1/4$  ó  $0,25 \text{ dS/m} + 3/4$  ó  $0,75 \text{ dS/m} = 4 \text{ dS/m}$  y la fracción de lavado, suponiendo por ejemplo una variedad sensible regada por goteo, pasaría de 0.35 si se regara sólo con agua de  $5 \text{ dS/m}$  (la del pozo) a 0.2 si se regara con la mezcla.

Estos cálculos de NL asumen que el riego es totalmente uniforme, lo cual nunca ocurre en la realidad. Si aceptamos el valor de NL calculado asumiendo uniformidad absoluta y sin embargo el riego no es uniforme, sólo en un 50% de la superficie de la parcela se van a satisfacer realmente las necesidades de lavado. Si el olivarero quisiera que las necesidades de lavado se cumplieran en el 60% o el 75% de la parcela, tendría que utilizar un valor de NL superior al calculado asumiendo riego uniforme, y sería tanto mayor cuanto menor fuera el

coeficiente de uniformidad de la parcela. Si se conoce el coeficiente de uniformidad de nuestro sistema de riego y NL asumiendo uniformidad absoluta, pueden obtenerse en las siguientes tablas los valores de NL adecuados para nuestro sistema no uniforme:

<b>60% de la parcela cumpliendo NL</b>				
NL uniforme	Coeficiente de Uniformidad (%)			
	70	80	90	95
0.05	0.30	0.20	0.15	0.10
0.10	0.35	0.25	0.20	0.15
0.20	0.40	0.35	0.25	0.25
0.30	0.50	0.40	0.35	0.30

<b>75% de la parcela cumpliendo NL</b>				
NL uniforme	Coeficiente de Uniformidad (%)			
	70	80	90	95
0.05	0.65	0.45	0.25	0.15
0.10	0.70	0.50	0.30	0.20
0.20	0.70	0.55	0.35	0.30
0.30	0.75	0.60	0.45	0.40

***CAPÍTULO III***

**ASPECTOS LEGALES DEL  
RIEGO DE OLIVAR**

Autor: Carlos J. Martínez Abad (\*)

(\*) Jefe del Servicio de Concesiones y Autorizaciones. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.



### III.1.- ANTECEDENTES:

El riego de olivar en los últimos 10 años se está extendiendo de manera imparable por toda Andalucía debido a tres factores:

- \* Los buenos precios de las cosechas (tanto las dedicadas a producción de aceite como las destinadas a aceituna de mesa).
- \* Los bajos costes de las instalaciones de riego localizado de olivar, en comparación con otros cultivos arbóreos de mayor densidad de plantación.
- \* La gran *eficacia* del riego del olivar (importantes aumentos de producción con pequeñas dotaciones de agua)

Se puede asegurar que el olivar es, hoy en día, el cultivo de la cuenca del Guadalquivir que mayor rentabilidad, tanto social como económica, obtiene del agua empleada en su riego.

El riego de olivar se inició en Jaén, en donde ya se riegan prácticamente todas las zonas con posibilidades de disponer de agua. En las provincias de Córdoba y Granada se están transformando ya grandes superficies en regadío. En Sevilla se están empezando a poner en regadío muchos olivares, tanto de aceite como de verdeo.

### III.2.- NORMATIVA LEGAL QUE AFECTA AL RIEGO DE OLIVAR

La normativa legal básica que afecta al riego de olivar es la misma que regula el riego de cualquier otro cultivo.

En primer lugar, hay que destacar la **Ley de Aguas (Ley 29/1985, de 2 de Agosto)**.

Esta Ley supuso un gran cambio frente a la anterior Ley de Aguas que databa de 1879.

Se puede calificar de *revolucionario* el que la Ley de Aguas declarara las aguas subterráneas como *aguas públicas*.

La anterior Ley establecía que las aguas subterráneas eran propiedad de la que las alumbrara.

Por lo tanto, la vigente Ley de Aguas establece que para el aprovechamiento de las aguas, bien sean superficiales, bien sean subterráneas, sea necesaria una concesión administrativa, ya que todas las aguas son **Domino Público Hidráulico (D.P.H.)** (salvo algunas excepciones en aguas subterráneas, que ya desarrollaremos más adelante).

Otro gran cambio que supuso la *nueva* Ley de Aguas es que establece que las aguas subterráneas sean gestionadas por los "Organismos de cuenca", también denominados **Confederaciones Hidrográficas (C.H.)**

Como toda Ley, se ve desarrollada por uno o varios **REGLAMENTOS**.

El más importante, por su aplicación diaria, es el **Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V y VII de la Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas.**

En este Reglamento se establecen las normas para la gestión, uso y protección de D.P.H. También regula el régimen económico-financiero de la utilización del D.P.H. y las infracciones y sanciones y competencias de Tribunales por el mal uso del D.P.H.

Otros Reglamentos establecen las normas sobre la organización de la administración pública en materia de aguas, la Planificación Hidrológica, la organización de las Confederaciones Hidrográficas, etc.

### **III. 3.- LOS ÓRGANOS ADMINISTRATIVOS DEL AGUA EN ANDALUCÍA**

Ya se ha expuesto que los Organismos gestores de las aguas, bien sean aguas superficiales o aguas subterráneas, son las **Confederaciones Hidrográficas (C.H.)**

En Andalucía son tres las Confederaciones que gestionan el agua en su territorio.

La **C. H. del Guadalquivir**, gestiona la cuenca del Guadalquivir y sus afluentes y las cuencas de los ríos Guadalete, Barbate y Almódovar. Básicamente comprende las provincias de Jaén, Córdoba y Sevilla completas; gran parte de Granada, más de media provincia de Cádiz, y pequeñas zonas de Huelva, Málaga, Almería, Ciudad Real, Albacete y Badajoz.

Tiene su sede en Sevilla, y delegaciones en Jaén, Córdoba, Granada y Jerez de la Frontera.

**LA C. H. del Sur de España:** gestiona los ríos andaluces que desembocan directamente en el Mediterráneo desde el Guadarranque (Algeciras-Cádiz), hasta Almería. Las provincias de Málaga y Almería casi en su totalidad están incluidas en esta Confederación, además de la parte costera de Granada y la parte oriental de la provincia de Cádiz.

Tiene sus oficinas centrales en Málaga y cuenta con delegaciones en Almería y Granada.

**La Confederación Hidrográfica del Guadiana** se ocupa de gran parte de la provincia de Huelva, incluyendo las cuencas de los Ríos Tinto, Odiel y Piedras.

Tiene sus oficinas andaluzas en Huelva.

### III.4.- ORGANIZACIÓN DE UNA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA

Una Confederación Hidrográfica está dividida en **tres** grandes departamentos, coordinados y presididos por el **Presidente de la C. H.**, que tiene categoría de **Director General**.

Los tres departamentos son:

\* **Dirección Técnica:** Gestiona la construcción y explotación de las obras (grandes presas, grandes canales de las zonas Regables, etc.).

\* **Comisaría de Aguas:** Tramita las concesiones para el uso del D.P.H.; se responsabiliza de la aplicación del reglamento de Policía de Aguas, de la Inspección y vigilancia de obras particulares, de la constitución de Comunidades de Regantes.

La Hidrología, la Guardería Fluvial, y la gestión del Registro de Aprovechamientos también son responsabilidades de este Departamento.

\* **Secretaría General:** La gestión económico-financiera, de personal, y el servicio jurídico son, entre otras, sus responsabilidades.

### III.5.- COMO SE PUEDE LEGALIZAR EL RIEGO DE OLIVAR.

Una finca puede ponerse en riego por iniciativa privada o por quedar incluida en una Zona Regable Estatal (o autonómica).

La segunda opción no se estudiará detenidamente aquí, ya que no tiene mayor dificultad legal. Además, en el caso de olivar son muy escasas las Zonas Regables Estatales.

Por lo tanto, nos planteamos aquí *cómo legalizar un riego de olivar por iniciativa privada*.

Este apartado de *regadío de iniciativa privada* incluye las asociaciones de agricultores reunidos para transformar en regadío sus fincas conjuntamente.

Esta figura es muy frecuente en la provincia de Jaén y ha facilitado la transformación en regadío con buenos niveles tecnológicos de una gran cantidad de superficie olivarera.

Esta agrupación para regar con instalaciones comunes deben constituirse en **Comunidad de Regantes**, de acuerdo a lo regulado en la Ley de Aguas.

#### **Dotaciones de riego de olivar:**

La Ley de Aguas vigente establece que se concederá el caudal y dotación (volumen anual) de agua que sea imprescindible, evitando cualquier abuso o mal uso del agua.

Por lo tanto, es de vital importancia conocer las necesidades mínimas del riego de olivar.

Actualmente, el riego de olivar en la cuenca del Guadalquivir sólo se autoriza si se va a efectuar mediante riego localizado (goteo, micro aspersión, etc.)

Gracias a diferentes estudios técnicos, informes del IARA y por quedar recogido en el Plan Hidrológico de Cuenca, los caudales continuos y dotaciones de riego que se adoptan para olivar tradicional (menos de 100 olivos/ha.) en la cuenca del Guadalquivir son:

Caudal Continuo: 0,15 l/s ha

Dotación Anual: 1.500 m<sup>3</sup>/ha año

Se podrían estudiar dotaciones y caudales continuos de hasta 0,25 l/seg y 2.500 m<sup>3</sup>/ha año para plantaciones de gran densidad (más de 200 olivos/ha), interpolando para densidades intermedias.

Con estos datos, primeramente se debe calcular el caudal continuo necesario, expresado en litros/segundo.

El caudal continuo, también denominado caudal ficticio, es un dato *legal*, que sirve para tipificar la concesión. Es el caudal que se necesita para el riego de forma continua (24 horas al día) durante el mes de máximo consumo.

A efectos de proyecto, se debe calcular también el caudal punta, teniendo en cuenta la jornada de riego.

Por ejemplo: para regar 10 has de olivar sería necesario un caudal continuo de:

$$10 \text{ ha.} \times 0,15 \text{ l/s/ha.} = 1,5 \text{ l/s}$$

Si la jornada de riego es de 6 horas diarias, el caudal punta será:

$$1,5 \text{ l/s.} \times \frac{24}{6} = 6 \text{ l/s}$$

### **Riego con aguas superficiales**

Siempre necesita una concesión administrativa de aguas públicas.

Para caudales continuos mayores de 4 l/s (Más 26 has de olivar tradicional como máximo) será necesario presentar un proyecto suscrito por técnico competente e informe agronómico.

Para caudales menores de 4 l/s sólo es necesario presentar una memoria técnica, con planos suficientes y croquis del sistema de riego.

La tramitación de un expediente de concesión es la siguiente: se somete al trámite de Información Pública, de informe de compatibilidad con el Plan Hidrológico e informes de los Organismos Autónomos implicados en la materia. (Consejería de Agricultura y Pesca).

### **Riego con aguas subterráneas:**

#### Dotación inferior a 7000 m<sup>3</sup>/año

Si la dotación anual es menor de 7.000 m<sup>3</sup>/año: (hasta 7 has de olivar aproximadamente), se puede legalizar mediante *comunicación* ante la C.H. correspondiente.

Se debe acompañar a la solicitud de Plano de situación y Memoria justificativa de los caudales y dotaciones. Este aprovechamiento hidráulico se considerará privativo, según la Ley de Aguas.

#### Dotación mayor de 7.000 m<sup>3</sup>/año:

Necesita concesión administrativa con iguales características que las aguas superficiales.

#### Limitaciones:

Se debe considerar que algunas zonas de Andalucía están declaradas *acuíferos sobreexplotados*, en donde **NO** se permite ninguna extracción nueva de aguas subterráneas.

### **III.6. -OTROS ASPECTOS LEGALES DEL RIEGO DE OLIVAR.**

La Ley de Aguas establece los siguientes aspectos, que consideramos de importancia para la realidad del riego de olivar:

-Toda concesión de riego la debe solicitar el **propietario** de la finca. La concesión se otorga a su nombre. Deberá acreditar la propiedad de la finca mediante documento fehaciente.

-Toda concesión de aguas nuevas (ya sea de aguas superficiales o de aguas subterráneas) viene obligada a instalar por cuenta del peticionario un **contador volumétrico** para control de los consumos de agua.

-Si dos o más propietarios quieren regar con una sola toma, deben constituirse en **Comunidad de Regantes**. Si su número es menor de 20, la constitución de la Comunidad se simplifica y se denomina **convenio de riegos**. Este aspecto resulta muy importante en gran parte de los nuevos regadíos de olivar, sobre todo en la provincia de Jaén.

-La constitución de Comunidad de Regantes la debe otorgar igualmente la Confederación Hidrográfica.

### III.7.- RÉGIMEN SANCIONADOR EN LA LEY DE AGUAS.

La Ley de Aguas y su Reglamento de Dominio Público Hidráulico instituyen un régimen sancionador para las infracciones en materia de aguas. El Régimen Sancionador fue actualizado en el R.D. 419/93, de 26 de Marzo.

Se establecen **tres tipos de infracciones**

#### **\*Infracción leve, por:**

Daños al Dominio Público Hidráulico valorados en menos de 75.000 ptas.

Incumplimiento leve de condiciones de una concesión.

Incumplimiento leve de órdenes o requerimientos de los funcionarios de Organismos de Cuenca.

Se sancionarán con multas hasta 150.000 pts más indemnización por los Daños al D.P.H.

#### **\*Infracción menos grave, por:**

Daños al Dominio Público Hidráulico valorados entre 75.001 pts y 750.000 pts.

Riegos ilegales.

Incumplimiento grave de condiciones de una concesión.

Vertido ilegales.

Se sancionarán con multas hasta 150.001 a 1.500.000 pts. más indemnización por los Daños al D.P.H.

#### **\*Infracción grave o muy grave:**

Cuando se deriven daños al D.P.H. superiores a 750.000 y 7.500.000 pesetas respectivamente.

Infracciones graves: Se sancionarán con multas de 1.500.001 a 15.000.000 pts.

Infracciones muy graves: Se sancionarán con multas de 15.000.0001 a 75.000.000 pts.

### **Nuevo Código Penal y los riegos**

El nuevo Código Penal, aprobado recientemente y que entrará en vigor en Mayo de 1996, establece, en su Artículo 325 y siguientes, que las captaciones ilegales de aguas en período de restricciones que puedan perjudicar gravemente el equilibrio de los sistemas naturales, serán consideradas Delito contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, pudiendo ser sancionadas con penas de prisión.

### III.8.- FUTURO CONCESIONAL DE LOS REGADÍOS DE OLIVAR EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR.

Actualmente la situación de desequilibrio entre la demanda y las disponibilidades de agua en la cuenca del Guadalquivir es gravísima, por lo que la posibilidad de nuevas transformaciones en regadío en esta cuenca con aguas superficiales es muy limitada.

Sólo tienen algún futuro aquellas transformaciones que incluyen la construcción de balsas de regulación propias de las fincas, que puedan regular las aguas invernales, que no puedan ser reguladas por los embalses públicos.

Con aguas subterráneas, en los acuíferos **no** sobreexplotados, se podrán otorgar concesiones de menos de 1 l/s, será muy difícil poder otorgar concesiones de mayor caudal continuo.

Resulta muy interesante la posibilidad de transformar antiguos regadíos (concesiones viejas) con dotaciones altas (6.000 a 8.000 m<sup>3</sup>/ha/año) en riegos de olivar por goteo, con bajos consumos (1.500 m<sup>3</sup>/ha/año), pudiéndose utilizar parte de las dotaciones sobrantes en aumentar la superficie regada de olivar (aumento de superficie regable sin aumento de caudal ni dotación).

Muy recientemente (13 Mayo de 1995) se ha publicado un Decreto de la **Consejería de Agricultura y Pesca** por el que se establecen ayudas para favorecer el ahorro de agua mediante la modernización y mejora de los regadíos de Andalucía. Este decreto está pendiente de que se establezcan las disposiciones concretas para su desarrollo.

Establece ayudas financieras muy importantes (hasta un 85%) para las mejoras de zonas regables con concesión para el ahorro del agua. Las ayudas se destinan básicamente a Cooperativas, SAT, Comunidades de Regantes, etc.

En mi opinión particular, este Decreto de ayuda financiera puede ser interesantísimo para transformar riegos antiguos en regadíos de olivar modernos, con bajos consumos de agua.

Nueva normativa legal:

Muy recientemente, con fecha 14 de Julio de 1995, publicó el B.O.E. el Real Decreto-Ley 6/1995, por el que se adoptan medidas extraordinarias, excepcionales y urgentes en materia de abastecimiento hidráulicos como consecuencia de la persistente sequía.

En este Real Decreto-Ley, se modifican algunos de los artículos de la Ley de Aguas.

Cabe destacar, en nuestra opinión, la modificación del artículo 63.2 de la Ley de Aguas, que establece que *las concesiones para el abastecimiento de poblaciones y regadíos podrán revisarse en los supuestos en los que se acredite que el objeto de la concesión pueda cumplirse con una menor dotación o una mejora de la técnica de utilización del recurso, que contribuya a un ahorro del mismo.*

En ese mismo artículo se otorgan a las C.H. la competencia en esas revisiones.

Esta modificación de la Ley de Aguas puede resultar de vital importancia para el futuro de nuevos riegos de olivar en la cuenca del Guadalquivir.

Se abre la posibilidad legal de liberar caudales ya comprometidos concesionalmente, con dotaciones muy elevadas, considerando las actuales técnicas de riego.

Estos caudales liberados podrían ser empleados en riegos de mayor tecnología y con importantes ahorros de agua, y mayores beneficios sociales, como son una buena parte de los riegos de olivar.

Por lo tanto, la mejora tecnológica constante de los riegos del olivar resultará de gran importancia en su futuro concesional, al menos en las cuencas de recursos hídricos limitados.



**Fotografía 1:** Después de varios años de sequía muchos olivereros han buscado en las aguas subterráneas la posibilidad de obtener los caudales suficientes para el riego de su olivar. En la fotografía máquina de percusión perforando un pozo profundo en un olivar de la provincia de Jaén. No siempre se están ejecutando correctamente estas obras de captación.

# ***CAPÍTULO IV***

## **FERTILIZACIÓN DEL OLIVAR**

Autores: Miguel Pastor (\*), Carlos Navarro (\*), Victorino Vega (\*), y Juan Castro (\*).

(\*). Departamento de Olivicultura y Arboricultura Frutal. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.



#### IV.1.- OBJETIVO DE LA FERTILIZACIÓN

El objetivo de la fertilización es restituir los elementos esenciales que la planta extrae del suelo para la formación de tallos, hojas, raíces y frutos, así como incrementar los niveles de ciertos elementos en el suelo, cuando estos son insuficientes. Existen 16 elementos que son considerados como esenciales para el crecimiento de la planta, carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), boro (B) y cloro (Cl). Los tres primeros (C, H y O) son fijados por la planta a partir del agua absorbida por las raíces y del CO<sub>2</sub> atmosférico que entra en el interior del vegetal a través de los estomas, combinándose en el proceso de la fotosíntesis de la planta. Los restantes elementos son los que tienen importancia en la fertilización, constituyendo el 5 % del peso seco de la planta, y pueden ser absorbidos por las raíces como iones presentes en la solución del suelo.

Debe aportarse a la planta todos aquellos elementos que no pueden ser absorbidos del suelo. La disponibilidad de nutrientes depende fundamentalmente del tipo de suelo y factores como la cantidad de agua disponible, la fertilización realizada en años anteriores, la edad y productividad de la plantación pueden afectar al futuro plan de fertilización que, como es natural, puede y debe ser variable en el transcurso de los años.

#### IV.2.- CRITERIOS PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN EN OLIVAR

En la fertilización del olivar no es frecuente que los olivares utilicen técnicas para determinar las necesidades, sino que de forma rutinaria suelen emplearse fórmulas preestablecidas, sin tener en cuenta el **estado nutritivo** de los árboles. En una situación de altos precios de la aceituna, como la que vivimos en la actualidad, es normal que los olivares abonen en exceso tratando de aumentar al máximo las producciones, ya que el coste total que representa el abonado de un olivar casi nunca llega a alcanzar el 5-10 % del total de los costes de cultivo. Sin embargo, el aumento de las dosis de fertilizantes puede no proporcionar las máximas cosechas, lo que se pone especialmente de manifiesto en años de sequía. Esta opinión queda plasmada en el estudio realizado por **Fernández-Escobar (1994)** en dos comarcas de la provincia de Granada (**Tabla 1**) en las que se encontraron similares producciones en olivares abonados con diferentes dosis de fertilizantes. Si en dicha Tabla estudiamos el caso del N, podemos observar que existían plantaciones con producciones medias de más de 4.000 kg/ha que recibían aportaciones de N comprendidas entre 25 y 200 kg/ha, y que aportando similares cantidades, otras plantaciones producían menos

de 2.500 kg/ha, lo que nos muestra que la fertilización no es la única variable que controla la producción del olivar.

Un buen programa de fertilización debe minimizar la aportación de fertilizantes al olivar y corregir las deficiencias y excesos de elementos minerales, consi-

**Tabla 1: Relación entre las producciones medias obtenidas en un muestreo de 79 olivares de la provincia de Granada y la dosis de abonado N-P-K**

Producción media kg/ha	Cantidad aportada (kg/ha)		
	N	P	K
+4.000	25 - 200	0 - 74	0 - 91
-2.500	10 - 210	0 - 61	0 - 75

Fuente: Fernández - Escobar, (1994).

guiéndose así una máxima rentabilidad de la inversión realizada. Por ello, la fertilización debe ser una práctica condicionada fundamentalmente a:

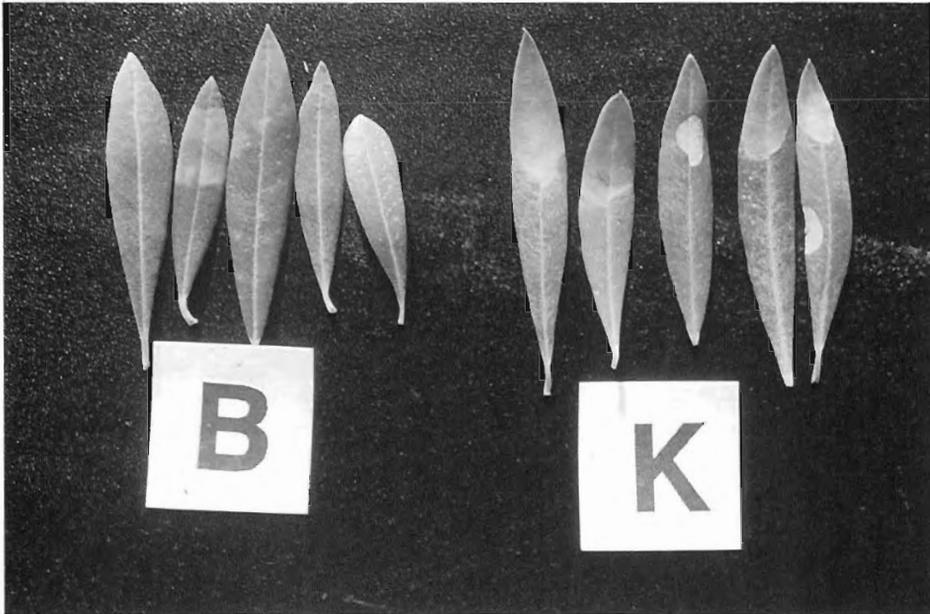
- las **disponibilidades de agua en el suelo**
- al **estado nutritivo de la plantación.**

La aportación de los fertilizantes al suelo no es la única forma de fertilización del olivo, ya que esta especie puede absorber también los nutrientes a través de la hoja de una forma muy eficaz (**Ferreira y col., 1978; Klein y Weinbaun, 1984**), por lo que en años secos o en determinado tipo de suelos puede ser un sistema útil para aportar nutrientes al olivar.

El diseño del plan de abonado de una plantación de olivar debe hacerse siempre por un **técnico instruido y competente**, en base al **estado nutritivo de los árboles**, determinado mediante el **análisis foliar**.

Decidir la fertilización basándonos en una sintomatología visual no es un método aconsejable, ya que cuando aparecen unos síntomas de deficiencia, con toda probabilidad ya se ha afectado negativa e irreversiblemente la producción; y porque es necesaria una gran experiencia para poder asignar correctamente un síntoma visual a la deficiencia en un determinado nutriente, lo que ha llevado a cometer graves errores de diagnóstico en Andalucía, con los consiguientes errores en el programa de abonado realizado. Es el caso de la deficiencia en **potasio**, bastante frecuente en el olivar andaluz, que en muchas ocasiones ha sido confundida con la deficiencia en **boro** (**Fotografía 1**), habiéndose aportado grandes cantidades de este elemento, probablemente de forma errónea y, por tanto, con escasa utilidad.

Igualmente sería interesante y deseable, que todos los laboratorios realizaran periódicamente pruebas de contraste de sus métodos analíticos, comparando los resultados obtenidos, de modo que estos fuesen equiparables. Tenemos sospechas de que errores metodológicos en el análisis de hojas puedan estar afectando involuntariamente a las recomendaciones de abonado.



**Fotografía 1:** Hojas de olivo que muestran una sintomatología típica de deficiencia en boro a la izquierda y deficiencia en potasio (hojas de la derecha). La sintomatología es a primera vista muy similar en ambos grupos de hoja, por lo que es frecuente que se confundan por persona no experta estos dos tipos de deficiencia, y se realicen recomendaciones erróneas para su corrección.

**Tabla 2: Interacciones entre elementos nutritivos**

Elemento	Favorece la absorción de	Dificulta la absorción de
Nitrógeno nítrico	Magnesio, Potasio	Boro, Fósforo
Nitrógeno amoniacal		Magnesio, Potasio
Potasio	Hierro	
Fósforo	Nitrógeno, Magnesio	Hierro, Zinc, Cobre, Potasio, Magnesio, Hierro, Zinc, Manganeso y Boro.
Potasio	Hierro	
Magnesio	Molibdeno	Potasio y Calcio
Hierro	Fósforo	Manganeso

Fuente: Rincón Sánchez, (1991).

A continuación presentamos algunos de los criterios para la fertilización del olivar, criterios ampliamente discutidos en grupos de trabajo, y en cuya elaboración han participado investigadores del Departamento de Olivicultura de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y del Departamento de Agronomía de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba.

### IV.3.- MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO Y PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN.

#### IV.3.1.- Método de diagnóstico

Para realizar el programa de abonado para un olivar debe determinarse en primer lugar su **estado nutritivo**, realizando un análisis foliar, utilizando para ello hojas adultas jóvenes, ya que este órgano es el principal lugar de metabolismo de la planta. Como norma general **solamente se deberían aportar aquellos nutrientes cuya concentración en hoja esté por debajo de los niveles considerados como adecuados**, según la información proporcionada por el análisis.

Cuando se aporta un determinado nutriente en árboles en los que su estado nutritivo en dicho elemento es adecuado, no cabe esperar respuesta a dicha aportación, tanto en crecimiento vegetativo como en producción, pudiéndose en muchos casos ocasionar desequilibrios que pueden afectar a la absorción de otros nutrientes (**Tabla 2**). Sin embargo, si un elemento está en deficiencia, es necesaria y urgente su corrección, ya que si no lo hiciésemos podríamos afectar a la absorción de otros elementos. **Klein y Lavee** (citados por **Polí, 1986**) observaron como las aportaciones de **N** y **K** resultaron ser ineficaces hasta que no se corrigió una carencia de **boro**.

#### IV.3.2.- Análisis de suelos.

Los resultados de los **análisis de suelos** suelen ser normalmente *informativos y no determinantes exclusivamente a la hora de programar la fertilización*, ya que en muchas ocasiones la existencia de una elevada concentración de un determinado nutriente en el suelo no significa que esté disponible para las plantas; y en otras, porque su concentración en suelo puede ser muy variable a lo largo del año. Es el caso del **N**, cuya concentración varía debido a su gran movilidad disuelto en las aguas de lluvia o de riego, por lo que un análisis normalmente no permite conocer las disponibilidades reales de este nutriente en los momentos en que debe ser absorbido por la planta. En Andalucía es muy frecuente encontrar olivares con deficiencias o síntomas de carencia en potasio en suelos con altos contenidos en este elemento.

Sin embargo, debe realizarse un **análisis del suelo** para conocer sus propiedades físicas y químicas, análisis que se repetirá cada cierto número de años (5 a 6 años), lo que permitirá realizar un seguimiento de la evolución de aquellas propiedades químicas que puedan afectar directamente a la nutrición futura del olivar.

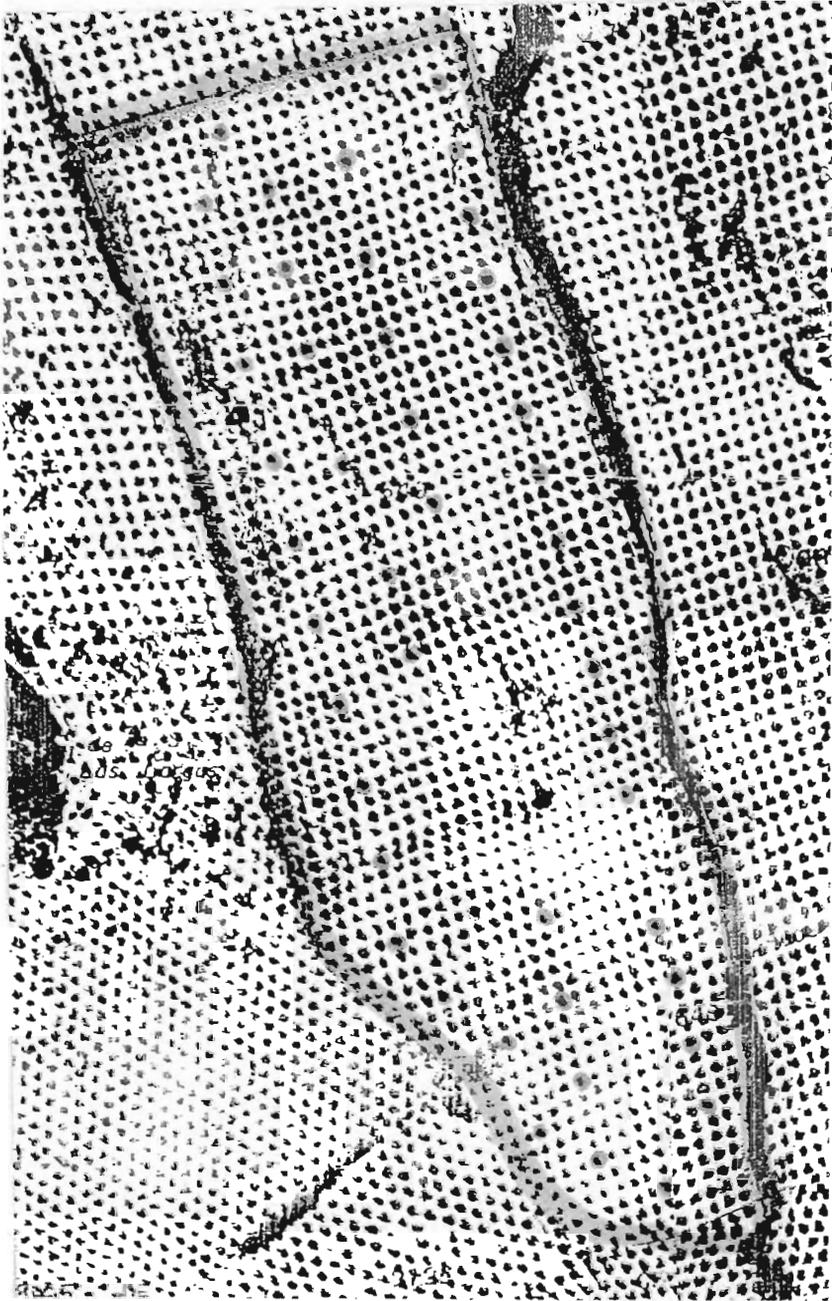


**Fotografía 2:** Forma de tomar las muestras de hoja. Al azar se tomará un brote del crecimiento del año, sin frutos y a la altura de la persona que realiza el muestreo. De este brote se toma una hoja bien desarrollada, en la que ya ha cesado el crecimiento. Una de las hojas del 3º ó 4º par contando a partir del ápice suele cumplir estos requisitos.

Para que un análisis de suelo sea de utilidad, la muestra de tierra debe ser representativa. La plantación cuyos suelos se quieren analizar debe ser dividida con diferentes criterios en parcelas homogéneas (color del suelo, textura, pendiente del terreno, etc.). Cada parcela debe ser muestreada por separado, siendo recorrida para tomar la muestra en diferentes puntos separados entre 20 y 50 metros. En cada punto se tomará una porción de suelo a diferentes profundidades, representativas de cada capa u horizonte, al menos de los primeros 60 cm de profundidad. Si las características del suelo no varían apreciablemente con la profundidad, como ocurre en muchos tipos de suelos, se podrían tomar profundidades arbitrarias, tales como 0-30 cm y 30-60 cm, por ejemplo. Al término del recorrido se mezclarán todas las submuestras procedentes de la misma profundidad, y se tomará una porción representativa de la mezcla resultante, *muestra compuesta*, que es la que se envía a un laboratorio, debidamente identificada. Se enviará una muestra por profundidad y parcela homogénea de la explotación.

El modo más práctico de tomar las muestras de suelo es emplear una barrena, y realizar el muestreo con el suelo con cierto grado de humedad, lo que facilitará la extracción de las muestras más profundas.

Las determinaciones a efectuar deben ser las siguientes: textura, pH, carbonatos totales, caliza activa, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y el contenido en los diferentes nutrientes (fósforo, potasio, magnesio y boro asimilables).



**Fotografía 3:** Fotografía aérea de un olivar de 18 hectáreas en la que se muestra la forma en que deben determinarse al azar los árboles en los que se tomarán las muestras de hoja, cuatro hojas por olivo, en la forma en que se indicó en la Fotografía 2. Una muestra representativa debería contener unas 250-300 hojas.

Aunque la interpretación de los análisis de suelo den ser hechas por un técnico, en el **Anexo 1** damos, a título orientativo, los valores medios que pueden ser considerados como normales para diferentes tipos de suelo.

#### IV.3.3.- Análisis de hojas

Para la determinación del **estado nutritivo de una plantación** es fundamental, en primer lugar, tomar las **muestra de hojas** con todo rigor, siguiendo las instrucciones que damos a continuación.

Se aconseja tomar las muestras en la primera quincena del mes de julio, tomando **hojas adultas de brotaciones del crecimiento del año (Fotografía 2)**, de 3-4 meses, totalmente **expandidas**, y de la **mitad inferior del brote**, en las que ya ha cesado el crecimiento y que ya estarán elaborando **asimilados** activamente. En esta fecha de muestreo se tomará el tercero o cuarto par de hojas contando a partir de la yema apical, hojas que suelen cumplir con las exigencias expuestas anteriormente.

Se elige esta fecha de muestreo por ser un momento de gran actividad metabólica, siendo la época del año en la que mejor se detectan las anomalías nutricionales, aunque se reconoce que no estamos en un momento de total estabilidad analítica, lo que se resuelve restringiendo el número de días en los que debe realizarse la toma de muestras. Además, los umbrales de deficiencia que utilizaremos para el diagnóstico están calibrados para esta época del año, y no tenemos datos de referencia para ningún otro momento del ciclo.

Tradicionalmente se ha aconsejado en olivar la utilización de la metodología propuesta en los años 50 por **Bouat y col. (1958)**. Estos autores recomendaron realizar los muestreos en la parada vegetativa de invierno. Empleando esta metodología en Andalucía no se encontraron diferencias sustanciales entre los niveles de nutrientes en hoja de olivos con altos niveles de producción y árboles poco productivos (**Ferreira y col., 1986**), por lo que estos autores expresaron sus dudas sobre la validez de dicho método para el diagnóstico correcto de las necesidades de abonado, ya que el mencionado método emplea como referencia los contenidos medios de nutrientes en hoja en buenos olivares de la cuenca mediterránea, y no los óptimos nutritivos, que Bouat y colaboradores no llegaron a determinar.

El muestreo de hojas se hará de modo que sea **representativo** de cada una de las parcelas de la explotación que pretendemos estudiar, para lo cual se seguirá un itinerario de muestreo determinado previamente al azar, en el que los árboles se determinan también al azar, desechando los olivos que presenten anomalías con respecto al aspecto general de la parcela. En la **Fotografía 3** presentamos un modelo orientativo del tipo de muestreo a realizar, tomando como ejemplo una parcela de olivar de 18 hectáreas, en la que al azar tomamos unos 50 olivos según un itinerario prefijado en función de la topografía del terreno, que en este caso corresponde también con la fertilidad del suelo. En cada explotación de cierta extensión o en cada zona a estudiar deben delimitarse **parcelas homogéneas** en cuanto al tipo de suelo, variedad, edad de la plantación, etc.

**Tabla 3: Niveles críticos de nutrientes en hojas de olivo tomadas en el mes de julio.**

ELEMENTO	Deficiente	Adecuado	Tóxico
N (%)	1,40	1,5 -2,0	
P (%)	0,05	> 0,08	
K (%)	0,40	> 0,80	
Ca (%)	0,30	> 1,00	
Mg (%)	0,08	> 0,10	
Mn (ppm)		> 20	
Zn (ppm)		> 10	
Cu (ppm)		> 4	
B (ppm)	14	19 - 150	185
Na (%)			> 0,20
Fe (1)	Clorosis férica		

(1) No es válido el análisis foliar para el diagnóstico de la carencia en hierro, la sintomatología en forma de clorosis férrica típica es la forma de diagnóstico de las deficiencias en este elemento.

En cada uno de los árboles muestreados se tomarán 4 hojas, una en cada orientación, a la altura de los ojos del operador, y en brotes también tomados al azar. Por cada parcela homogénea que queramos estudiar se tomará una muestra de unas 200 hojas, que puede ser suficiente para poder realizar todas las determinaciones analíticas necesarias.

En el campo, las muestras de hoja se ponen en bolsas de papel que lleven las correspondientes anotaciones que permitan la posterior identificación de las mismas, y se introducen en una nevera portátil durante el transporte, conservándose después en frigorífico a una temperatura de 4 - 5 °C hasta su envío a un laboratorio que garantice una correcta analítica de las muestras. Ya en el laboratorio se iniciará el procesado de las muestras para dejarlas preparadas hasta su posterior análisis químico, comenzando la preparación con un **lavado**, cuya finalidad es eliminar contaminaciones de tierra o de productos fitosanitarios. Se empleará una solución acuosa de un detergente no iónico (por ejemplo **Triton-X al 0,05 %**), frotando las hojas suavemente con la yema de los dedos después de una breve inmersión en dicha solución. Posteriormente se realizará un **primer aclarado** de las hojas en agua normal, al chorro del grifo, para eliminar los restos de detergente, y finalmente se hará un **segundo aclarado** en agua desionizada. Una vez lavadas las hojas se secan en papel de filtro, y posteriormente se **deshidrafan** en estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 2-3 días hasta peso constante. Las hojas secas deben triturarse finamente en un molino, y almacenarse en un recipiente totalmente hermético y a 4 °C hasta el momento del análisis. Los elementos que deben ser analizados son **N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu y B**.

Aunque no es este el lugar para exponer los métodos más adecuados para realizar el análisis de hojas, nos inclinamos por los revisados y puestos a punto

## Respuesta al abonado nitrogenado

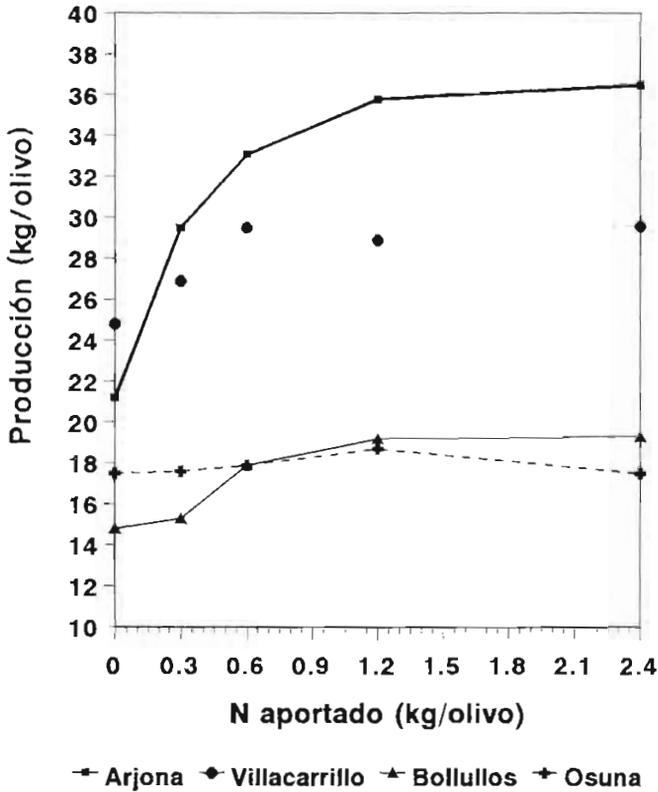


Figura 1: Respuesta del olivo a dosis crecientes de nitrógeno aplicado al suelo. Los ensayos se realizaron en olivar adulto tradicional de secano en Andalucía (Ferreira y col., 1986) en las fincas: Manero (Arjona-Jaén) cv. Picual, durante 11 años; Villarejo (Villacarrillo-Jaén) cv. Picual, durante 7 años; Rebujena (Bollullos de la Mitación-Sevilla) cv. Gordal, durante 5 años; y Maturana (Osuna-Sevilla) cv. Lechín, durante 11 años. En los ensayos en los que los olivos tuvieron una buena producción se observó una clara respuesta a las aportaciones de N. En estas condiciones, y en función de la producción media de la plantación, las dosis recomendadas deben estar comprendidas entre 0,6 y 1,0 kg/olivo de N.

por el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba (Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía), que ya han sido contrastados por otros Laboratorios especializados, y que proponemos sirvan de referencia en el futuro. Esta metodología será objeto de una publicación próximamente.

#### IV.3.4.- Interpretación de los análisis foliares.

La interpretación de los resultados de los análisis foliares, así como las recomendaciones de abonado debe ser realizados por **técnicos competentes y bien instruidos**, teniendo en cuenta:

- a) la **tabla de niveles críticos de nutrientes en hojas** para los muestreos realizados en el mes de julio,
- b) el conocimiento de las **características físicas y químicas del suelo**.
- c) la posible existencia de **síntomas visuales** en las hojas que pudieran atribuirse a alguna deficiencia nutricional,
- d) la **historia de la fertilización realizada en años anteriores**,
- e) sistemas de cultivo (riego, secano, sistema de laboreo, etc.) y productividad de la plantación a abonar.

En la interpretación de los resultados se propone la utilización de la **Tabla 3**, en la que se presentan los niveles críticos propuesta por **Fernández Escobar (1994)** en base a los trabajos realizados en California (EEUU) por **Hartmann y col. (1966)**, y **Freeman y col. (1994)**, teniendo en cuenta que se trata de una primera aproximación. Los trabajos que se realizan en la actualidad tratan de contrastar estos niveles con mucha mayor exactitud, para las condiciones del olivar español.

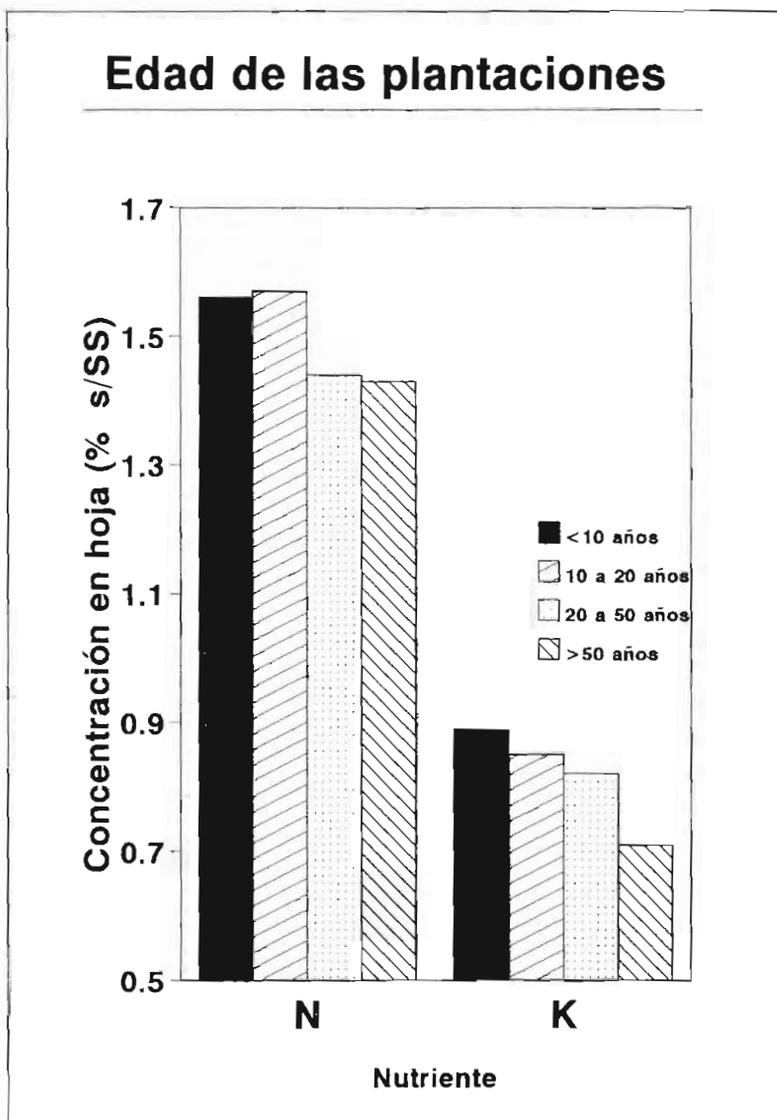
### IV.4.- RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE EL ABONADO DEL OLIVO

#### IV.4.1.- Nitrógeno

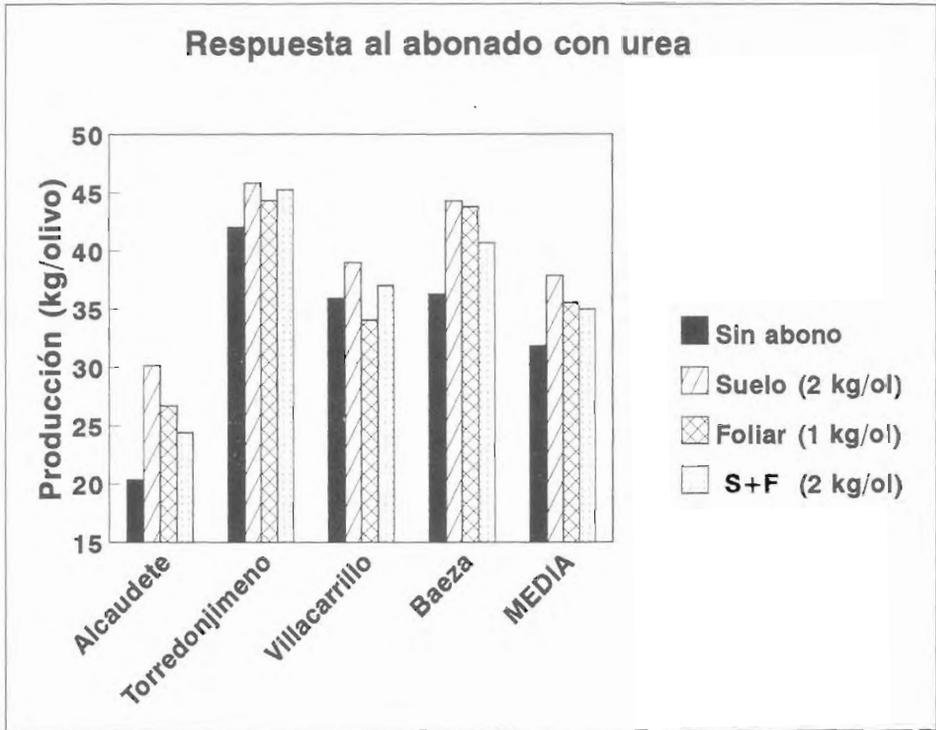
El **N** es el elemento más esencial en la fertilización del olivar, ya que se requiere en mayores cantidades.

El **N** forma parte de las proteínas, estando presente en los núcleos de las células, siendo fundamental para el crecimiento de los tejidos. Aumenta la cantidad de clorofila y la capacidad de asimilación de otros nutrientes. Es el promotor de la reproducción celular, por lo que es imprescindible en todas las fases de crecimiento, en especial desde brotación hasta el endurecimiento del hueso. Una correcta alimentación **N** aumenta la longitud y número de brotes, el número de inflorescencias por brote, el número de flores fértiles por inflorescencia, y finalmente el número de frutos cuajados por olivo, por lo que afecta de forma directa a la producción del cultivo. La adecuada alimentación en **N** depende en gran medida de las disponibilidades de agua en el suelo.

En California (EEUU), región en la que se cultiva el olivar en regadío, no se encontró una respuesta clara a la aportación de **N** cuando el **estado nutritivo de la planta** era adecuado (>1,5 % sobre materia seca en muestreo realizado en el mes de julio), recomendándose en este caso una moderada aportación



**Figura 2:** La edad del olivar parece influir sobre los contenidos de nitrógeno y potasio en hoja. Los datos corresponden a un estudio realizado en 50 fincas de olivar de la comarca de Villacarrillo en la Provincia de Jaén, en muestreo realizado en el mes de julio de 1.994. Mientras que los olivos con edad inferior a 20 años muestran contenidos adecuados en N, los niveles medios en este elemento estaban por debajo del adecuado (<1,40 %) en los árboles adultos. En cuanto al potasio, también los niveles medios en los árboles de más de 50 años estaban por debajo del nivel adecuado (>0,80 %).



**Figura 3:** Respuesta del olivo a las aportaciones de urea al suelo, foliar, o suelo+foliar. Las cifras presentadas son las producciones medias de 4 ensayos realizados durante 5 años en las localidades de Alcaudete, Torredonjimeno, Villacarrillo y Baeza en la provincia de Jaén. La urea al suelo se aportó en invierno, mientras que las aportaciones foliares se hicieron en 2 aplicaciones realizadas en primavera y otoño (Datos de **Hermoso y Morales**, comunicación personal).

anual de **1,0 kg/olivo en otoño** para mantener el contenido en hoja por encima de este nivel (**Hartmann, 1958; Hartmann y col., 1986**). Mientras que esta información pueda ser bien contrastada a nivel local en Andalucía, en base a los trabajos realizados por **Ferreira y col. (1986)** recomendamos dosis de mantenimiento en función de la producción media de la plantación, *utilizando cantidades anuales comprendidas entre 0,6 kg de N por olivo para plantaciones con producciones medias inferiores a 25 kg/olivo, y 1,0 kg de N por olivo para producciones medias superiores a 35 kg de fruto*. No deben extrañar estas recomendaciones si tenemos en cuenta que los mencionados autores sólo encontraron respuesta a la aportación de N a dosis moderadamente bajas y que en olivares con baja productividad incluso no observaron respuesta al abonado N (**Figura 1**). Estos resultados fueron confirmados por **Martín Aranda y Troncoso** (citados por **Troncoso, 1994**) en olivar de riego.

En los olivares con niveles de N inferiores a 1,50 % deberán aportarse cantidades mayores que las referidas anteriormente, hasta corregir el estado de deficiencia, o variar el sistema de fertilización, si la aportación han sido poco eficaz.

Una vez corregidas las deficiencias, debemos seguir las recomendaciones realizadas en el párrafo anterior.

Los contenidos de **N** en hoja pueden variar en función de la edad de las plantaciones, dentro de una determinada zona, lo que también debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados del análisis foliar (**Figura 2**).

Una forma adecuada de suministrar el **N** en **olivares de secano** es la aportación de fertilizantes minerales al suelo durante el invierno, recomendándose en esta época formas como la **urea o sulfato amónico**, que deben enterrarse con una labor superficial o realizar la aportación cuando pueda ser incorporado al suelo disuelto de inmediato por el agua de lluvia, observación a tener muy en cuenta en los casos en que se apliquen técnicas de no-laboreo. Es importante evitar que el fertilizante pase un tiempo excesivo sobre la superficie del suelo sin que este se haya incorporado, especialmente en suelos calizos y cuando se emplean formas uréicas o amoniacaes, ya que en caso contrario las pérdidas de **N** por evaporación en forma de amoníaco podrían ser cuantiosas (**Ansorena Miner, 1995**).

En **años secos** la aportación de **N** al suelo puede ser muy poco efectiva (**Ferreira y col., 1986**), pudiéndose encontrar respuestas negativas a dichas aportaciones. En estos años sería recomendable recurrir a la **pulverización foliar con urea** agrícola, aprovechando los diversos tratamientos fitosanitarios tradicionales del olivar (repilo, prays, etc.), utilizando concentraciones del 3-4% p/v (**Ferreira y col., 1978**) y un gran volumen de agua que permita mojar muy bien los árboles. Estas aplicaciones foliares han demostrado ser muy eficaces en olivar en la mayoría de las situaciones, sin que se hayan observado problemas de fitotoxicidad para los olivos, incluso cuando se emplea el tipo de **urea** utilizada para abonar el suelo, y siempre que se empleen las concentraciones recomendadas, obteniéndose así una gran eficacia por unidad fertilizante aportada, en muchos casos superior a la aportación al suelo de idéntica cantidad de abono **N** (**Figura 3**).

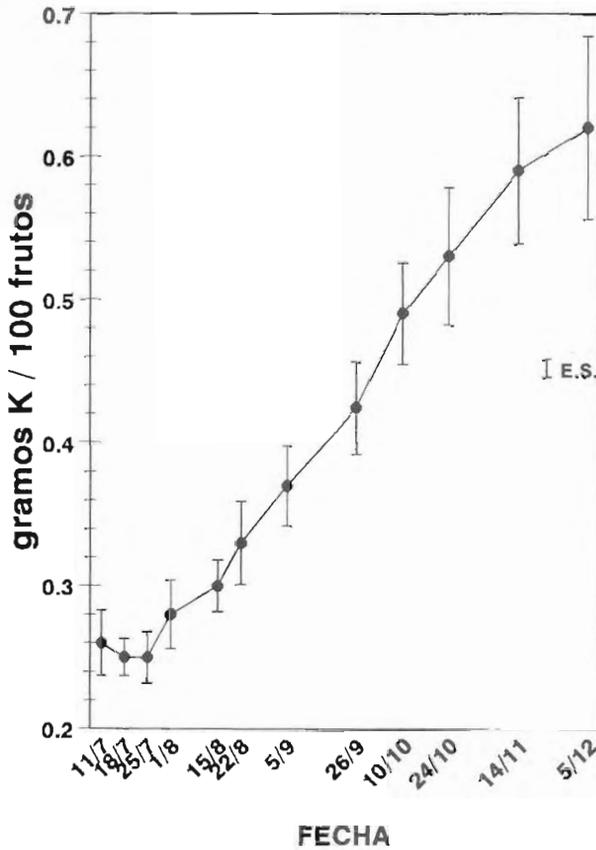
En las aplicaciones foliares con **urea** se obtienen mejores resultados cuando se emplean bajas concentraciones de fertilizante, siendo preferibles dos tratamientos con una concentración del 2,5 %, que una sola aplicación a una concentración del 5 %.

En un año de pluviometría normal y cuando ya se ha abonado el suelo con **N** en invierno, la fertilización foliar complementaria con **urea** no parece ser de gran utilidad. En ensayos realizados durante varios años en diferentes localidades se observó una cierta tendencia a descender la producción con respecto a los árboles en los que solamente se abonó al suelo con nitrógeno (**Figura 3**). Probablemente con el abonado de fondo se habían cubierto las necesidades del olivo.

#### **IV.4.2.- Fósforo**

El fósforo es un elemento fundamental para la vida del vegetal. Es indispensable para la división celular y el desarrollo de los tejidos meristemáticos, estando íntimamente ligado al transporte de la energía captada para la fotosíntesis, en la que se produce la fijación del carbono.

## Contenido de potasio en la aceituna Año 1.994



**Figura 4:** Evolución del contenido de potasio en frutos de olivo en *árboles en carga* ( 47.000 frutos/olivo) con riego por goteo de la variedad Picual (Finca Alameda del Obispo - Córdoba). A medida que avanzó la maduración, las extracciones de potasio por las aceitunas fueron mucho mayores, deduciéndose de estos datos el interés de la recolección temprana de los frutos (Datos del Departamento de Olivicultura- Córdoba).



**Fotografía 4:** Después de una gran cosecha puede ser normal que se observen carencias temporales de potasio, produciéndose una defoliación muy intensa en determinadas ramas cuando los contenidos de K en hoja descienden por debajo de determinados niveles.

El P lo absorbe la planta únicamente en la forma iónica del ácido ortofosfórico, después de una oxidación muy laboriosa a la que se llega después de una lenta disociación de los fosfatos de calcio, hierro y aluminio que se hallan en las reservas naturales del suelo, o bien que se encuentran en este por la adición de abonos fosfatados. Cuando un suelo tiene un pH elevado, existen fosfatos cálcicos de muy lenta liberación y fosfatos tricálcicos insolubles. Al aportar P al suelo puede haber fijación irreversible del mismo, siendo el P orgánico el más fácilmente movilizable por mineralización del humus. La dificultad de asimilación en suelos calizos puede estar en parte compensada por la simbiosis de las micorrizas.

Son muy poco frecuentes los casos de deficiencia o carencia de fósforo en olivar (< 0.08 % sobre materia seca en hojas tomadas en el mes de julio), habiéndose observado en ocasiones bajos contenidos de P en hoja en suelos ácidos, que pueden corresponderse con bajos contenidos de fósforo asimilable en el suelo. En suelos calizos también hemos encontrado muchos olivares cuya concentración está próxima o un poco por debajo del umbral de suficiencia.

Cuando se presenten deficiencias de P, a corto plazo pueden corregirse mediante aportaciones foliares de **fosfato monoamónico** (2-3 % p/v). En terrenos calizos la fertilización al suelo suele ser a corto plazo poco eficaz, con respuestas solo a muy largo plazo, por lo que el abonado puede resultar poco rentable económicamente (Ferreira y col., 1986). En suelos ácidos puede ser necesario realizar aportaciones de fósforo siempre que el estado nutritivo de la planta, diagnosticado mediante análisis foliar, y el correspondiente análisis de suelo así lo aconsejen.

#### IV.4.3.- Potasio

El **potasio** se encuentra principalmente en las vacuolas celulares en forma iónica, muy móvil, y permite la acumulación de la energía asimilada en forma de hidratos de carbono y grasas. Influye además en los procesos respiración, movimiento de agua en la planta, y en la regulación de la apertura y cierre de los estomas. Ello hace que los árboles con deficiencia en potasio puedan ser más sensibles al frío, a la sequía y al ataque de hongos. Su mayor demanda se produce a medida que se desarrollan los frutos, acumulándose en los mismos grandes cantidades de este elemento (**Figura 4**).

Es el potasio uno de los elementos que mayores problemas está causando al agricultor en Andalucía, a pesar de encontrarse a concentraciones relativamente altas en muchos de nuestros suelos olivareros.

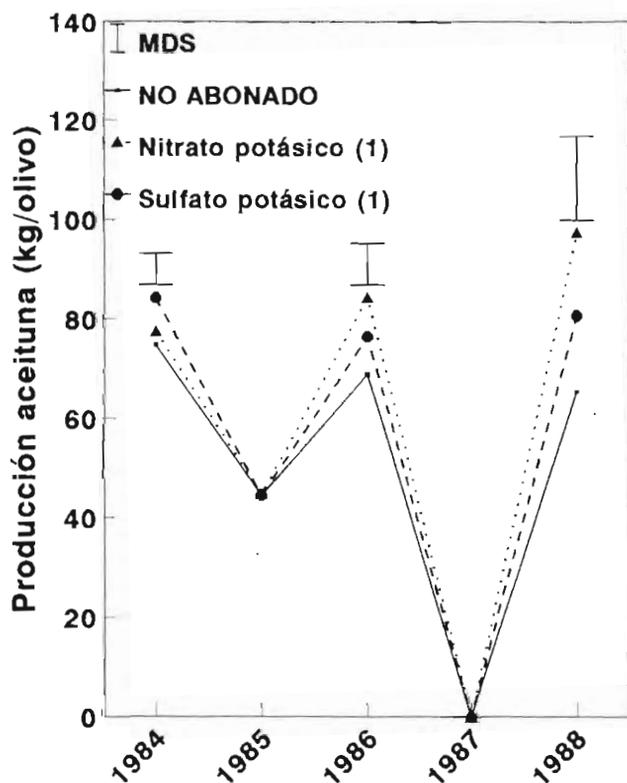
La fertilización con potasio debe recomendarse cuando el estado nutritivo de la planta, en función del análisis foliar, así lo demande (< **0,8 %** sobre materia seca en hojas tomadas en el mes de julio). La **Fotografía 1** muestra hojas en la que se observan los daños causados por la deficiencia de potasio, con secado parcial nítido en determinadas zonas de la hoja, que no tiene por qué presentarse únicamente en el extremo apical, siendo frecuentes las necrosis en los bordes o en el centro de las hojas. En casos de deficiencia extrema y en años de gran producción de aceituna es frecuente la defoliación total de los brotes fructíferos y de los ramos de segundo orden. Con niveles inferiores a 0,4 % ya hemos observado defoliaciones severas en los arboles, en especial en los años de gran carga, y una vez realizada la recolección (**Fotografía 4**).

En árboles en los que el contenido de potasio en hoja era adecuado, la fertilización potásica, tanto foliar como en fertirrigación de forma fraccionada, no ha proporcionado aumentos de producción en ensayos que hemos realizado en Córdoba (**Pastor y col.**, datos no publicados), aunque dichas aportaciones elevaron significativamente los contenidos de **K** en hoja. En estos ensayos se trabajó con suelos con un contenido medio/alto de potasio asimilable.

La extracción de potasio por los frutos es muy elevada, máxima a final del invierno, cuando se retrasa en exceso la fecha de recolección (**Figura 4**). Es esta una de las razones para recomendar la recogida temprana de las aceitunas, cuyo retraso no aporta ningún tipo de beneficio, y aumenta las extracciones de **K** por los frutos.

Debe evitarse que se produzcan deficiencias graves en este elemento, en especial en años secos o en suelos con bajos niveles de potasio asimilable, puesto que los estados de **deficiencia severa** son difíciles de recuperar, y sólo suelen superarse después de varios años de aportación continuada. Es necesario tener especial cuidado en los años de grandes cosechas, debido a las grandes extracciones de este elemento por la planta, por lo que en estos años podría ser recomendable su aportación, incluso cuando la concentración en hoja en el mes de julio haya sido adecuada. Sin embargo, esta opinión debe ser contrastada experimentalmente en los próximos años, ya que en años de enormes cosechas, y en determinadas variedades, las aportaciones masivas de potasio no han sido capaces de resolver el problema de las temporales deficiencias agudas

## Abonado foliar con potasio



(1) 3 aportaciones foliares: 5 % (2 primavera + 1 otoño)

Figura 5: Respuesta del olivo a tres aportaciones foliares anuales de nitrato potásico o sulfato potásico al 5 % en un ensayo realizado en Cabra (Córdoba) en olivar tradicional adulto de secano cv. Picual, en suelo calizo y en árboles que mostraban síntomas visuales de carencia de K, contrastados con el correspondiente análisis de hoja (Hermoso y Morales, comunicación personal). Para el conjunto de los 5 años de duración del ensayo, la fertilización foliar con K aumentó la producción entre el 12 y 20 %, para el sulfato potásico y el nitrato potásico respectivamente.

de este elemento, aunque el análisis foliar de julio nos mostrara unos niveles adecuados de **K** en estas plantaciones.

En **olivares de secano** cultivados en terrenos calizos, el abonado con potasio al suelo es muy poco rentable en la mayoría de las situaciones, debido al bloqueo que normalmente se produce en estos suelos (**Ferreira y col., 1986**), agravándose aún más el problema en los años secos. En estos suelos las **aplicaciones foliares**, mojando muy bien los árboles, son bastante eficaces en la corrección de las carencias de **potasio**, o simplemente para aportar este elemento a la planta.

Pulverizaciones de **nitrate potásico** o **sulfate potásico** a concentraciones de 2'5 a 5 % p/v aplicadas en primavera, verano y otoño sobre árboles en actividad, y aprovechando los tratamientos fitosanitarios, han aumentado significativamente los contenidos de **K** en hoja. En olivares con **deficiencia** en este elemento, estos tratamientos han aumentado también en gran cuantía las producciones de aceituna en un ensayo de larga duración realizado en la localidad de Cabra (Córdoba) por investigadores del Departamento de Olivicultura (**Figura 5**), en el que la producción media aumentó en más de 10 kg/olivo y año con respecto a los olivos no abonados con potasio, aunque los mejores resultados se observaron después de dos años de aplicación de dichos tratamientos.

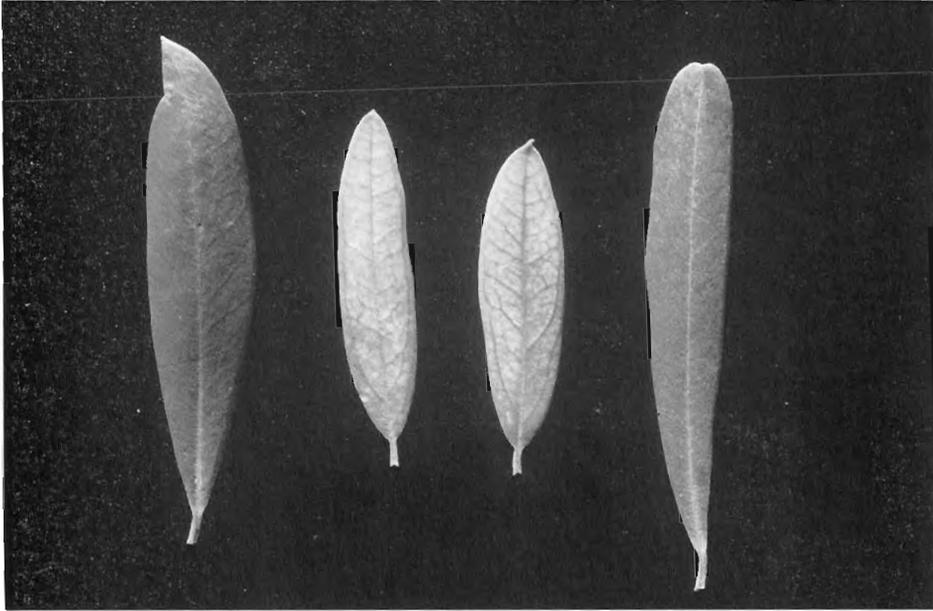
El **cloruro potásico** parece que es algo mejor absorbido foliarmente que las anteriores sales, sin embargo, la posible toxicidad a largo plazo causada por el ión cloruro, aún no suficientemente contrastada en olivar, nos hace ser cautos a la hora de recomendar este fertilizante, mientras que no dispongamos de experiencia de un mayor número de años. Después de dos años de ensayo no se han observado síntomas de fitotoxicidad imputables a la aplicación del cloruro potásico.

Es necesario tener en cuenta el necesario equilibrio con **magnesio** a la hora de programar la fertilización con potasio. Por otro lado, en olivares con niveles muy altos de **N** en hoja suelen presentarse problemas de deficiencia en **K**, que nos hacen sospechar de un inadecuado manejo de la fertilización.

#### IV.4.4.- Otros elementos

En la toma de decisiones sobre la fertilización con los restantes elementos habrá que atenderse aún más a los **resultados de los análisis foliares** efectuados, tomando también como criterio su **aportación solo en el caso en que los niveles de nutrientes en hoja muestren deficiencias**. Muchas veces, si las aportaciones se realizan arbitrariamente podrían producirse interacciones negativas entre nutrientes, que incluso podrían afectar a la fisiología del cultivo, ocasionando deficiencias o excesos de determinados nutrientes. La **Tabla 2** muestra una información útil sobre las posibles interacciones positivas o negativas entre elementos nutritivos.

A continuación se estudia el caso de los elementos que con relativa frecuencia pueden plantear problemas al olivarero: **boro, hierro, calcio y magnesio**. Debemos advertir que en cientos de muestras de hoja recogidas en olivares



**Fotografía 5:** En el centro de la fotografía se observan dos hojas con síntomas típicos de clorosis férrica (hoja de aspecto amarillento con las nerviaduras color verde intenso), mientras que en los extremos se presentan hojas de árboles sanos. La clorosis al reducir la fotosíntesis reduce también el crecimiento de los olivos, así como el tamaño de las hojas, el porcentaje de frutos cuajados, y finalmente la producción del olivar afectado. En riego los olivos pueden ser igualmente susceptibles a la clorosis; las hojas mostradas proceden de un olivar regado de Santisteban del Puerto (Jaén).

cultivados en suelos calizos en Andalucía, en rarísimas ocasiones hemos encontrado deficiencias en otros elementos.

#### IV.4.4.1.- Boro

Es el boro uno de los nutrientes de más baja movilidad en la planta, ocasionando su deficiencia irregularidades en el crecimiento y floración (polinización y cuajado de frutos).

No suele ser muy normal la deficiencia en **B** en los olivares que vegetan en suelos calizos, aunque se ha extendido la práctica de aportar boro al olivar sin estar justificadas normalmente muchas de estas aportaciones por una carencia real en este microelemento (< 19 ppm sobre materia seca en hojas tomadas en el mes de julio), ya que la sintomatología puede confundirse, por persona no experta, con la deficiencia en potasio. La **Fotografía 1**, muestra hojas de árboles con deficiencia en boro y potasio, bastante diferentes si se observan con detenimiento. En el caso del **B** la sintomatología comienza con una decoloración progresiva de las hojas a partir del ápice y hacia la base, virando progresivamente hacia el verde pálido, secándose gradualmente hasta producirse la caída de la hoja. En casos de deficiencia severa suele observarse también una defor-



**Fotografía 6.** En árboles con clorosis férrica, también se produce el amarilleamiento de los frutos, reduciéndose su crecimiento con respecto al de las aceitunas de los árboles sanos.

mación característica de los frutos (*cara de mono*), así como una defoliación de ramas, dando lugar a las características *escobas de bruja*.

Las deficiencias en boro son relativamente frecuentes en suelos ácidos o en los muy arenosos y pobres, siendo escasas las que se presentan en olivares que vegetan en suelos calizos fértiles en los que los contenidos de **B** suelen ser suficientes como para cubrir las necesidades del olivo, aunque en muchos casos el pH del suelo sea muy elevado.

Las necesidades máximas en este elemento se producen durante la floración (**Fernández Escobar, 1994**). La corrección de las deficiencias puede hacerse aportando al suelo **200 gramos de borax por árbol y año** a final del invierno, o bien mediante aplicación foliar unos 30 días antes de la floración o al inicio de la brotación (junto con el tratamiento contra **repilo** en primavera), recomendándose en este caso el empleo de soluciones al **0,5 %** de una formulación comercial de **borato sódico** (20,8 % B).

Raramente se encuentran carencias de **B** en olivares de regadío, ya que el agua de riego lo contiene en cantidades suficientes como para asegurar una correcta nutrición. Prueba de ello son los altos contenidos de **B** en hoja en olivares de regadío en suelos calizos, aunque no se haya abonado con boro (**Figura 5**)

#### IV.4.4.2.- Hierro

La deficiencia en hierro ocasiona en determinados olivares una sintomatología específica muy característica denominada **clorosis férrica**. La causa princi-

pal de esta clorosis es la pequeña disponibilidad de este nutriente en el suelo en la forma asimilable, ya que es bloqueado por la caliza del suelo.

Aunque el olivo es una especie bastante tolerante a la clorosis, es relativamente frecuente que en suelos con un alto contenido en **caliza activa** aparezcan problemas de clorosis, que pueden afectar negativamente a la producción del olivar.

La carencia en hierro no se puede diagnosticar mediante el análisis foliar, ya que suele ser frecuente la acumulación de formas insolubles de hierro en hojas de árboles que muestran este tipo de clorosis. Solamente los síntomas visuales típicos de la **clorosis férrica** son los que permiten a personas instruidas determinar la carencia en este elemento.

Los síntomas visuales de la **clorosis férrica** pueden ser el amarilleamiento general de los árboles, con las hojas amarillas con nerviaduras de color verde más intenso y reducción de su tamaño (**Fotografía 5**), acabando por ocasionar necrosis; reducción del crecimiento de los brotes; gran proporción de flores no pistiladas con un bajo índice de cuajado de frutos tras floraciones muy abundantes; y amarilleamiento y reducción del tamaño de los frutos durante el verano (**Fotografía 6**). En casos extremos los árboles pueden volverse improductivos.

La corrección de esta carencia es difícil y costosa, ya que está ocasionada, entre otras causas, por el bloqueo del hierro por la caliza del suelo y por exceso de ión bicarbonato en el sistema suelo-planta. Métodos contrastados para su corrección en olivar pueden ser los siguientes:

**a) aplicación anual de quelatos de hierro (EDDHA) al suelo** en el momento de **inicio de la brotación y a final del verano**, coincidiendo con las dos épocas de mayor actividad vegetativa, disueltos en agua. Pueden ser aplicados mediante inyecciones a presión en el suelo, con el terreno en tempero y alrededor del árbol, o bien disueltos en el agua, utilizando las propias instalaciones de riego por goteo.

En el caso de riegos localizados recomendamos aplicar el quelato fraccionadamente; el 70 % de la dosis en brotación, y el resto en verano/otoño, ya que probablemente aparecerían de nuevo ciertos síntomas de clorosis en las hojas nuevas y/o frutos, debido a la reducida movilidad del hierro dentro de la planta.

La aplicación en primavera de quelatos de hierro en olivos cloróticos ha corregido a corto plazo el problema, habiendo aumentado la producción en estos casos. Aunque estas recomendaciones son todavía provisionales, aconsejamos aplicar anualmente en olivares adultos tradicionales dosis comprendidas entre **50 y 100 g/olivo de quelato EDDHA** de 6% de riqueza en hierro, en función de la intensidad de la clorosis y del tamaño del árbol. En agrios (**Pascual y Aliaga, 1992**) se recomienda que en aplicaciones fraccionadas y cuando se inyecten a través de las instalaciones de riego por goteo se reduzcan las dosis en un 30 %. Asimismo, la aplicación conjunta de sales de potasio mejora la eficacia del quelato.

**b) Inyecciones a baja presión en el tronco** de soluciones de hierro aplicadas antes del inicio de la brotación (**Navarro y col., 1992**). En el mercado existen preparados comerciales que se inyectan a través de un orificio de 4-5 cm practicado mediante una broca metálica en el tronco, lo que facilita el acceso de la solución de hierro al xilema, que lo distribuye por toda la planta con la corrien-

te transpiratoria. Las fórmulas comerciales se presentan en dosis de 225 ml, siendo necesarias entre 1 a 3 inyecciones por tronco, en función del tamaño de la copa. Según los mencionados autores el efecto de estas inyecciones podría durar más de un año.

**c) Realizar un *estercolado*** intenso abundante cada cierto número de años. Su efecto puede ser bastante duradero. La aplicación de ácidos húmicos al suelo puede ser igualmente interesante.

La ***aplicación foliar de compuestos de hierro*** da unos resultados poco satisfactorios en general, y muy poco persistentes en el tiempo. En especies como los cítricos, solamente la pulverización con **poliflavonoides de hierro** ha proporcionado unos resultados interesantes (**Gómez Gamero, 1986**), ya que son poco degradables por la luz, pudiéndose mezclarse con otros fitosanitarios para realizar tratamientos conjuntos. Sin embargo, su respuesta es lenta y los resultados se ven a largo plazo.

En suelos muy calizos la profundidad y el número de labores debe ser reducido al máximo, recomendándose el no-laboreo o sistemas con cubierta vegetal, ya que la pulverización excesiva del suelo por efecto del laboreo, podría aumentar la concentración de caliza activa, por lo que aumentaría la gravedad del problema. Por otro lado, las labores profundas obligarían a las raíces a explorar capas más profundas del suelo, que tienen una mayor contenido en cal, por lo que igualmente aumentaría los problemas de clorosis.

#### **IV.4.4.3.- Calcio**

El olivo posee una buena tolerancia a altos contenidos de calcio en el suelo, siendo muy sensible a la deficiencia en calcio. Aunque los suelos olivareros suelen ser bastante ricos en este elemento, son síntomas de deficiencia las hojas muy pequeñas y estrechas, el escaso crecimiento, la necrosis y la caída prematura de hojas, apareciendo estos síntomas cuando la concentración es inferior al 0,26 % (sobre materia seca), por lo que es muy raro observar síntomas de carencia en **Ca** en olivar

Aunque en los olivares que vegetan en **suelos calizos** no suelen presentarse deficiencias en este elemento, en **suelos ácidos** pueden ser frecuentes los estados de deficiencia.

Aunque la sintomatología externa del estado carencial en **Ca** no suele presentarse, si el análisis foliar certifica la insuficiencia de este elemento (< 1,0 % sobre materia seca en hojas tomadas en el mes de julio) es necesario recurrir a su corrección, pudiendo ser recomendable la práctica del **encalado** del suelo, una vez que un experto en la materia haya realizado en laboratorio una curva de neutralización del pH, lo que le permitirá recomendar las dosis y tipo de corrector a aportar.

En terrenos muy ácidos, considerados como tales los que tienen pH inferior a 6, es posible el correcto desarrollo del olivo siempre que se corrijan algunas propiedades indeseables, propias de este tipo de suelos, en los que es frecuente una elevada actividad química del aluminio y de sus hidróxidos, así como una carencia de bases en el complejo de cambio. Encalados que reduzcan la activi-

dad del aluminio a niveles tolerables para el olivo se consiguen con elevaciones del pH hasta 6,0 ó como máximo hasta 6,3. En caso de suelos con bajo contenido en magnesio disponible, se recomienda aplicar una enmienda cálcico-magnésica; y de acuerdo con los niveles de potasio, será a veces aconsejable acompañar a las enmiendas con un abonado potásico.

En olivares de riego por goteo la aportación de nitrato cálcico en fertirrigación puede proporcionar también resultados interesantes en la corrección de las deficiencias en **Ca**.

#### IV.4.4.4.- Magnesio

El **magnesio** es también muy poco móvil en las hojas. El mayor consumo de este elemento se produce durante la brotación primaveral. La deficiencia en **Mg** en el olivar suele ser muy rara, manifestándose síntomas visuales para contenidos en hoja inferiores a 0,07 %, presentando los árboles aspecto clorótico, crecimiento deprimido, manifestándose los síntomas a principio del otoño (**Recalde y Chaves, 1975**). La deficiencia en magnesio puede ser inducida por altas concentraciones en suelo de potasio, calcio y amonio, pues el magnesio es el peor competidor entre esos iones.

La corrección de la deficiencia en **Mg** puede realizarse mediante pulverización foliar con **sulfato de magnesio** a la dosis orientativa del **0,70 %**.

#### IV.5.- FERTIRRIGACIÓN

Las instalaciones de riego por goteo no sólo permiten aplicar el agua a los cultivos, sino que ofrecen la posibilidad de aportar igualmente los fertilizantes y otros productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas o herbicidas).

**Fertirrigación** es la técnica que permite la aplicación de los nutrientes que precisan los cultivos junto con el agua de riego, siendo el agua el vehículo que hace llegar los fertilizantes hasta las raíces de la planta, bien de una forma continuada o intermitentemente.

La condición indispensable para que esta técnica sea eficaz es disponer de un sistema de riego que permita aplicar el agua con gran uniformidad, lo que permitirá aplicar igualmente a todos los árboles la misma dosis de abono, y cubrir así sus óptimas necesidades, por lo que disponer de una instalación bien diseñada es totalmente imprescindible.

Como es natural, el primer paso para aplicar eficazmente esta técnica es determinar las necesidades de fertilizantes del olivar a regar teniendo en cuenta las recomendaciones generales que se hicieron anteriormente (**Apartados VI.3 y VI.4**), realizando un programa de abonado en el que se detallen: la dosis de cada uno de los nutrientes a aportar, momentos en los que se van a aportar estos nutrientes y forma de aportarlos, decidiendo el tipo de fertilizantes a utilizar.

En la elección de los fertilizantes tiene una gran influencia la **calidad de las aguas de riego**, ya que muchos de los abonos pueden aumentar su salinidad, lo

que debe tenerse en cuenta para no sobrepasar los umbrales de tolerancia del cultivo.

Las ventajas que nos proporciona la aplicación de los abonos junto con el agua de riego son las siguientes:

- asimilación eficaz de los nutrientes, al realizar la aportación localizada en la zona de máximo desarrollo radicular y de mayor absorción de agua.
- sinergia o interacción positiva entre el agua y los elementos nutritivos.
- ahorro de mano de obra en la aplicación de los fertilizantes.
- posibilidad de aplicar los fertilizantes en el momento más adecuado a las necesidades del cultivo.
- control riguroso de la dosis y uniformidad en la distribución.

El mayor inconveniente que plantea esta técnica en el caso de cultivos perennes, como el olivo, es el descenso paulatino del nivel de fertilidad del suelo en las zonas humedecidas por los goteros (*bulbos*), como consecuencia del lavado continuo al que se encuentra sometido, lo que debe tenerse siempre muy en cuenta.

#### **IV.5.1.- Dinámica en el suelo de los macroelementos aportados en fertirri-gación**

La aportación puntual y en superficie de **N**, **P** y **K** junto con el agua de riego tiene una distribución característica en el *bulbo húmedo* que depende de cada elemento y del tipo de abono empleado. Es, por tanto, necesario conocer el comportamiento en el suelo, lo que permitirá su distribución adecuada, de modo que la absorción por la planta sea óptima.

##### **IV.5.1.1.- Nitrógeno.**

Distintas fórmulas de nitrógeno aplicadas producen en el suelo diferentes reacciones que deben ser tenidas en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de fertilizante a emplear.

Cuando se fertirriega con *fórmulas amoniacaes*, la aportación reiterada de dosis bajas, concentra el catión amonio a poca distancia del punto de aplicación siendo adsorbido por los coloides del suelo. Cuando la concentración de amonio debajo del punto de aplicación llega a ser elevada, subsiguientes aportaciones podrían saturar la capacidad de intercambio catiónico del suelo y podría ser arrastrado por el agua en profundidad. Sin embargo, parte de este amonio puede ser tomado directamente por la planta, y otra parte ser transformado biológicamente en nitrato, cuya velocidad de transformación y disposición por la planta depende de la temperatura del suelo. Además del absorbido por las raíces, el nitrato se solubiliza totalmente, moviéndose con el agua del suelo y arrastrado hacia la periferia del *bulbo*.

Si se realizan fuertes aportaciones en forma nítrica y con baja frecuencia de aportación, se producirán grandes acumulaciones de nitrato en la periferia del bulbo húmedo, por lo que solo una parte del **N** aportado queda a disposición de

las raíces, disminuyendo la eficacia del fertilizante. Lo ideal hubiese sido aportarlo en pequeñísimas dosis y con gran frecuencia, lo que permitiría una distribución mucho más uniforme en todo el volumen del bulbo humedecido.

Como es natural, el manejo del agua debe ser correcta, ya que aportes excesivos pueden ocasionar infiltraciones excesivamente profundas, lo que arrastraría el **N** aportado en profundidad, también fuera del alcance de las raíces.

La forma más eficiente de aportar **N** es hacerlo en función de necesidades periódicas del cultivo según su estado fenológico.

#### **IV.5.1.2.- Fósforo**

Los iones fosfato difieren de los nitrato en cuanto a su solubilidad y movimiento en el suelo, no estando sometidos los fosfatos a posibles pérdidas por lixiviación profunda debido a su baja solubilidad.

El fósforo es el nutriente menos móvil, y aportaciones puntuales en superficie producen acumulaciones elevadas en zonas cercanas al punto de aportación. En fertirrigación el movimiento en profundidad es mucho mayor que en fertilización convencional, habiéndose comprobado en trabajos experimentales descensos de 50 cm, siendo normales movimientos de 20 a 30 cm, tanto en sentido vertical como horizontal, lo que hace que este elemento esté fácilmente asimilable para el cultivo durante un tiempo mucho más largo.

El fraccionamiento del **P** a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo no es tan crítico como en el caso del **N**, por lo que la aportación de **P** podría hacerse en este caso en aplicaciones puntuales en los momentos más críticos, pero con suficiente antelación como para cubrir la demanda de la planta.

#### **IV.5.1.3.- Potasio.**

El potasio es mucho menos móvil que el **N**, pero es capaz de moverse en profundidad y ser absorbido por las raíces una vez que se va saturando el complejo de cambio. También puede ser desplazado hacia los bordes del *bulbo* y puede ser lavado, aunque tiene una mayor persistencia en el *bulbo* que el **N**, dependiendo ello de la textura del suelo. En plantaciones perennes y después de 4-5 años de riego se ha podido constatar un descenso significativo del contenido de **K** en la zona mojada por el gotero, por lo que debe recomendarse mantener un adecuado nivel de fertilidad en esta zona mediante las oportunas aportaciones.

#### **IV.5.2.- Elección de fertilizantes para fertirrigación**

Una vez que hemos decidido las dosis y momentos de aportación de los nutrientes, de acuerdo con las necesidades deducidas a partir del análisis de hojas, ha llegado el momento de decidir como vamos a aportarlos, en función de los abonos comerciales existentes en el mercado.

Hemos de seleccionar abonos que estén exentos de cloruros, sulfatos y sodio, de modo que no incrementemos sin necesidad los niveles de salinidad o alcalinidad del suelo.

- Los fertilizantes para riego localizado deben tener las siguientes características:
- adecuada solubilidad en el agua de riego a las temperaturas usuales de trabajo.
  - reacción de neutra a ácida, lo que reducirá el riesgo de obstrucciones de los goteros.
  - densidad y composición conocida, en especial en el caso de los fertilizantes líquidos, lo que permitirá dosificar adecuadamente según el programa previsto.
  - no producir ataque químico a ninguno de los materiales de la instalación de riego.

**Tabla 4: Salinidad máxima del agua a la salida de los goteros (Pizarro, 1990)**

Frecuencia de riego Frecuencia abonado (1)	Salinidad máxima del agua (g/l) a la salida de los emisores	CE <sub>25</sub> dS/m
1/1	1,5	2,3
1/2	2,0	3,1
1/3	2,5	4,0
1/7 o menos	4,0	6,3

(1) 1/3 = riego diario y fertirrigación cada 3 días.

**Tabla 5: Salinidad y pH de las soluciones fertilizantes a las concentraciones normales empleadas en fertirrigación (Domínguez Vivancos, 1993)**

Productos	Concentración g/l	pH	Conductividad ds/m
Nitrato Amónico 33% N	2	5,4	2,8
	1	5,6	0,9
	0,5	5,6	0,8
Urea 46% N	0,25	5,9	0,5
	3	6,3	0,1
	1	5,8	0,07
Solución 20% N	0,5	5,7	0,07
	0,25	5,6	0,05
	1	6,4	1,3
Solución 32% N	0,5	6,8	0,7
	0,25	6,9	0,4
	2	7,2	2,3
Acido fosfórico 54% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	7,1	1,1
	0,5	6,6	0,6
	0,25	6,1	0,3
Fosfato Monoamónico 12-61-0	1	2,6	1,7
	0,5	2,8	1,0
	0,25	3,1	0,5
Nitrato Potásico 13-0-46	1	4,9	0,8
	0,5	5,0	0,4
	0,25	5,3	0,2
	1	7,0	1,3
	0,5	6,6	0,6
	0,25	6,6	0,3

- que no se produzcan alteraciones en sus propiedades, ni las de otros fertilizantes con los que se mezcla, cuando sean aplicados en un programa de fertirrigación.

Finalmente debemos conocer de forma completa la composición química del producto a aplicar, para saber no solo la riqueza en nutrientes, sino la posible existencia de excipientes de fabricación de naturaleza arcillosa, capaces de producir graves problemas de obturaciones de los goteros.

Existen diferentes tipos de fertilizantes aptos para ser empleados sin problemas en fertirrigación, pero teniendo en cuenta las especiales características de los programas de fertilización del olivar, que deben aplicarse en cada caso de acuerdo con el *estado nutritivo de la plantación*, raramente se encuentran en el mercado formulaciones líquidas que se adapten a nuestras necesidades. Por esta razón, el abonado del olivar se acometerá preparando las *soluciones madre* por el propio agricultor en la propia finca, de acuerdo con el programa preestablecido. Se utilizarán uno o varios fertilizantes, líquidos o sólidos solubles, entre los que se recomiendan a continuación, fertilizantes de los que más adelante también daremos sus ventajas e inconvenientes.

Abonos simples (aportan un único nutriente): **solución 32** (32 % N), **urea** (46% N), **nitrate amónico soluble** (33 % N) y **ácido fosfórico** (54%  $P_2O_5$ ), o los compuestos (aportan más de un nutriente): **nitrate potásico** (13% N + 46%  $K_2O$ ) y **fosfato monoamónico** (12% N + 60%  $P_2O_5$ ).

Los abonos complejos, tanto líquidos como cristalinos, podrían en ocasiones ser interesantes, y no habría inconveniente en utilizarlos, pero su composición, como ya se dijo anteriormente, puede no adaptarse a las necesidades concretas del programa de fertilización realizado, aunque en general su manejo es más sencillo que el de los abonos sólidos, ya que permiten su inyección directa en la instalación sin necesidad de preparar la *solución madre*.

Cuando el olivarero prepare la **solución madre concentrada**, que es la que se ha de inyectar en su instalación de riego, debe tener en cuenta las siguientes precauciones:

- son incompatibles todos los **sulfatos** y **fosfatos** con aguas duras que contengan sales de calcio (más de 70 mg/l) y de magnesio.

- la *solución madre* debe tener una reacción ácida, preferible con pH entre 5 y 6. Si fuese necesario debe añadirse, con la adecuada precaución, una pequeña cantidad de ácido nítrico, lo que permitirá rebajar dicho pH hasta el valor deseado, lo que reducirá el riesgo de obturación de los goteros.

- se regulará el dosificador de modo que la concentración de fertilizantes en el agua de riego no supere el 2 por mil, no sobrepasando el agua en ningún momento una conductividad eléctrica total de 3 dS/m a la salida de los goteros, cuando se aporten los fertilizantes en cada riego. Si las aportaciones se hicieran cada cierto número de riegos, orientativamente pueden emplearse los valores de la **Tabla 4 (Pizarro, 1987)**.

Debemos advertir, por último, que aunque los nitratos son muy solubles en agua, su solubilidad se reduce mucho debido al fuerte enfriamiento del agua al

realizarse su disolución, por lo que no deben hacerse *soluciones madre* demasiado concentradas.

En la **Tabla 5** damos los valores de pH y conductividad eléctrica tras su disolución en agua, para los abonos y dosis más habituales en fertirrigación. A continuación damos igualmente las ventajas e inconvenientes que presentan alguno de los abonos utilizados en fertirrigación (**Domínguez Vivancos, 1993**).

#### IV.5.2.1.- Fertilizantes sólidos solubles

##### Nitrato amónico

De los diferentes nitratos amónicos existentes, sólo puede considerarse el nitrato amónico soluble, que es de gran pureza y está exento de aditivos y libre de productos insolubles (33 % N). Es uno de los productos con mayor solubilidad en agua (1.920 g/l a 20°C). Su contenido en nitrógeno se halla mitad en forma nítrica y mitad en forma amoniacal. Es uno de los productos más apropiados para el aporte de nitrógeno en fertirrigación, y por ello uno de los más utilizados.

Las *soluciones madres* de este producto se preparan en la proporción de una parte de abono por dos de agua, por ejemplo, 50kg/100 l de agua. Este producto reduce la temperatura así como el pH del agua, aumentando igualmente su conductividad eléctrica (Ver **Tabla 5**).

##### Urea

Es un abono orgánico de síntesis que tiene un contenido de nitrógeno de 46%, todo en forma ureica o amídica. La solubilidad es también muy alta (1.033 g/l a 20°C) y como el anterior reduce la temperatura de la solución. Este producto no saliniza el agua, por lo que resulta muy apropiado en el caso de aguas o suelos salinos (**Tabla 5**), elevando el pH una vez que es disuelto en agua.

Para la preparación de la solución madre de este producto se utiliza la misma relación que en el caso anterior, es decir, 50 kg/100 litros de agua.

Deben tenerse en cuenta las características de este producto para lograr una fertilización eficaz. Su gran solubilidad y falta de retención por el suelo puede ocasionar pérdidas importantes por lixiviación o lavado hacia capas profundas si no se controlan debidamente las condiciones de aplicación con el riego. En suelos arenosos las pérdidas pueden ser muy importantes.

Aunque el nitrógeno de la **urea** se encuentra en forma ureica, se transforma rápidamente en forma amoniacal, transformación que en condiciones normales de humedad y temperatura tiene lugar en un periodo de 3 a 10 días. Este fertilizante puede sufrir igualmente grandes pérdidas por volatilidad de amoníaco cuando se le deja en la superficie, en especial en los suelos alcalinos, por lo que se debe procurar su incorporación inmediata junto con el agua de riego.

##### Nitrato cálcico

Aunque es poco utilizado en aplicaciones tradicionales, debido a su bajísima riqueza que encarece su coste por unidad de N aplicado, este producto que tiene aproximadamente un 15 % de N en forma nítrica, es utilizado en riegos

localizados por su aportación de calcio, que en algunas ocasiones resulta necesario. El grado de solubilidad es muy alto (1.220 g/l a 20°C).

### **Nitrato potásico**

Este es un producto excelente para la fertirrigación, al aportar tanto nitrógeno (13% de N) como potasio (46%  $K_2O$ ), con un efecto sinérgico interesante. Es muy utilizado en fertirrigación por su excelente composición para la absorción de ambos elementos. Aunque es totalmente soluble, el grado de solubilidad de este nitrato es mucho más bajo que los observados hasta ahora (316 g/l a 20°C).

A dosis moderadas no es uno de los fertilizantes que salinicen más el agua de riego, con tendencia a aumentar algo el pH cuando se aumenta la concentración (**Tabla 5**).

### **Fosfato monoamónico (MAP)**

El fosfato monoamónico soluble tiene una elevada riqueza de nutrientes (12% de N y 60-62% de  $P_2O_5$ ) siendo uno de los productos más utilizados, aunque tiene un discreto grado de solubilidad (661 g/l a 20°C). Tiene un bajo efecto salinizante y su reacción es ácida (**Tabla 5**). No obstante, si se utilizara para el riego aguas alcalinas con alto contenido en **Ca** y **Mg**, debe aconsejarse la corrección del pH con ácido nítrico, o emplear otro tipo de abono **P**.

La solución madre se prepara en la proporción 1 a 5, ó 1 a 4, es decir 20 ó 25 kg/100 litros de agua. Se requiere una excelente agitación de la solución.

### **Microelementos**

Para complementar los microelementos en las soluciones fertilizantes existen una serie de productos que permiten aportar cada uno de los mismos en función de las características requeridas. Estos pueden ser de dos tipos: sales minerales inorgánicas (hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno y boro) y productos orgánicos o quelatos (hierro, manganeso, zinc y cobre), que secuestran a los microelementos.

## **IV.5.2.2.- Fertilizantes líquidos**

### **Amoniaco anhidro**

Se trata en realidad de la materia prima básica de todos los productos nitrogenados con un 82% de N. Evidentemente se trata de N amoniacal con todas las características propias de esta forma de nitrógeno. No es frecuente su utilización en riego por goteo.

### **Solución nitrogenada del 20% de N**

De hecho es una **disolución diluida de nitrato amónico**, por lo que tiene análogas características que el producto ya descrito. Se utiliza con mucha frecuencia en fertirrigación por sus apropiadas características. Tiene un pH ligeramente ácido, que puede acidificarse aún más con la adición de ácido nítrico en

**Tabla 6: Compatibilidad de algunos de los fertilizantes más empleados en fertirrigación. (Domínguez, 1993).**

FERTILIZANTES	NA	SA	N-32	Urea	NCA	NK	FMA	AP
Nitrato amónico	-	C	X	X	I	X	X	X
Sulfato amónico	C	-	C	X	I	C	I	I
Solución 32	X	X	-	X	X	X	X	X
Urea	X	X	X	-	X	X	X	X
Nitrato cálcico	I	I	X	X	-	X	I	I
Nitrato potásico	C	C	C	X	C	-	C	C
Fosfato monoamónico	X	I	X	X	I	C	-	C
Acido fosfórico	X	I	X	X	I	C	C	-

ABREVIACIONES Y SÍMBOLOS: NA = nitrato amónico; SA = sulfato amónico; N-32 = solución nitrogenada (32% N); NCA = Nitrato cálcico; NK = nitrato potásico; FMA = fosfato monoamónico; AP = ácido fosfórico.

COMPATIBILIDADES:

C = compatible. Se pueden mezclar.

I = Incompatibles. No se pueden mezclar.

X = Se pueden mezclar en el momento de su empleo.

**Tabla 7: Principales criterios para evaluación de algunos fertilizantes de uso frecuente en el riego localizado. (Torrecillas y col., 1991).**

Propiedades	Fertilizante					
	Urea	N-32	NA	NK	AF	FMA
Solubilidad	3	3	3	2	3	2
Precipitabilidad	2	2	1	1	1	3
Miscibilidad	3	3	3	2	2	3
Corrosividad	1	2	2	1	3	2
Pérdidas por volatilización	3	3	3	1	1	1
Daños a la planta	2	2	2	1	3	2

ABREVIACIONES Y SÍMBOLOS: N-32 = solución nitrogenada (32%); NA = nitrato amónico; NK = nitrato potásico; AF = ácido fosfórico; FMA = fosfato monoamónico.

EVALUACIÓN:

1: baja.

2: intermedia.

3: alta.

riegos localizados, cuando lo requiera la calidad del agua de riego. Así, con 4 l/m<sup>3</sup> se rebaja el pH hasta 3,5 aproximadamente.

### **Solución nitrogenada del 32% de N**

Esta solución está preparada con una mezcla de nitrato amónico y de urea aproximadamente al 50%. Tiene una densidad de 1,32 kg/l y una baja incidencia salinizante. Su reacción es neutra o ligeramente alcalina (Tabla 5). Es fácil de inyectar en la red de riego directamente o diluido previamente.

El nitrógeno total se distribuye en el 25 % en forma amoniacal, el 25 % en forma nítrica y el 50 % en forma uréica, por lo que deben seguirse las recomendaciones realizadas cuando hablamos de la **urea**.

### **Acido nítrico**

Este producto, con una concentración del 56,5%, tiene un contenido de nitrógeno del 12% y una densidad de 1,35 . Se utiliza más que como fertilizante como corrector del pH de las *soluciones madres* durante su preparación. El objeto es mantener un pH ligeramente ácido del agua de riego durante la aplicación de la solución fertilizante, lo que reducirá los problemas de insolubilizaciones y la obturación de los emisores. También ayuda a limpiar los conductos y tuberías de los posibles precipitados que se puedan acumular, principalmente de carbonato cálcico. De cualquier modo es un buen elemento para lograr el equilibrio iónico adecuado, especialmente en el caso de aguas salinas. Como contrapartida, hay que citar el riesgo que supone la manipulación de un producto tan corrosivo. Recordar que al diluirlo en agua hay que echar siempre el ácido sobre esta, y no al revés, lo que evitará accidentes en su manipulación.

### **Acido fosfórico**

Es un producto que se está utilizando cada vez más para la aportación del fósforo en los riegos localizados. Se ha podido comprobar la elevada migración de este elemento en el suelo en profundidad cuando es aplicado mediante este sistema, lo que le hace mucho más efectivo que la fertilización fosfórica tradicional.

El producto que se utiliza en fertirrigación se depura, al menos mediante decantación y filtrado, con objeto de eliminar todo tipo de impurezas. La riqueza en  $P_2O_5$  oscila entre el 40 y el 54%, dependiendo del grado de dilución. El producto más concentrado (54% de  $P_2O_5$ ) tiene una riqueza de 75% de ácido fosfórico y una densidad de 1,6. Su reacción, como es lógico, es muy acidificante, por lo que es de gran interés para reducir el pH de las soluciones nutritivas (**Tabla 5**). Tiene mayor grado de salinidad que el fosfato monoamónico.

La solución madre se prepara con facilidad dado que se trata de un líquido y sólo se requiere diluirlo para reducir el riesgo de corrosión. Recordar también en este caso que al diluirlo en agua hay que echar siempre el ácido sobre esta, y no al revés, lo que evitará accidentes en su manipulación.

## **IV.5.3.- Preparación de *soluciones madres***

Esta preparación es necesaria siempre que se programe la utilización de abonos sólidos solubles, por lo que es necesario disolverlos en agua previamente para su aportación al agua de riego. Para ello debe disponerse de un depósito apropiado de capacidad variable, según las necesidades de la aportación y un agitador mecánico para facilitar la disolución de las sales y en su caso, las mezclas de productos.

La preparación de las soluciones madres es una tarea que requiere mucha atención y sobre todo, conocer perfectamente los datos críticos: calidad del agua, la concentración de iones que se debe obtener, la solubilidad de los diferentes productos a utilizar, su compatibilidad, el pH deseable de la solución, así como el período de almacenamiento. Dada la complejidad de algunos de los parámetros,

es deseable que la preparación esté dirigida por un experto o en todo caso, que las fórmulas, proporciones, productos y el procedimiento haya sido determinado por un especialista teniendo en cuenta los factores citados.

En las **Tablas 5, 6 y 7** presentamos datos muy necesarios para la preparación de las *soluciones madres* de los abonos más recomendables para fertirrigación: la compatibilidad de los diferentes productos, pH, solubilidad, capacidad para producir precipitados, miscibilidad, corrosividad, y pérdidas por volatilización.

#### **IV.5.4.- Tipos de recipientes**

En general, los depósitos de poliéster son más utilizados para el manejo de las soluciones nitrogenadas, así como en las soluciones ternarias o binarias de carácter neutro.

En cambio, las soluciones con mayor o menor grado de acidez requieren la utilización de tanques de polietileno. En el caso del ácido nítrico es necesario su almacenamiento en tanques de acero inoxidable.

Actualmente, los depósitos de polietileno son los de mayor difusión en las explotaciones agrícolas debido a sus grandes ventajas. Entre ellas cabe destacar su escaso peso, la elevada resistencia a la agresión química, la tolerancia a los golpes y a las radiaciones solares.

#### **IV.5.5.- Equipo para fertirrigación**

El equipo necesario para practicar la fertirrigación se compone esencialmente de los siguientes elementos:

- a) tanque con agitador.
- b) tanque/s de almacenamiento.
- c) dosificador-inyector.

a) El tanque para preparar la disolución de fertilizantes y microelementos sólidos, así como para la mezcla de otros agroquímicos, debe tener un fondo cónico para decantación de lodos e impurezas. El agitador puede ser eléctrico tipo batidora con aspas, o bien un ciclón hidráulico que forme remolino de agitación. En muchas explotaciones se emplea una cuba de tratamientos con agitador mecánico y una bomba de recirculación, lo cual es útil siempre que todos sus elementos sean resistentes a la corrosión ácida.

b) Una vez preparada la *soluciones madre*, en grandes instalaciones, esta puede almacenarse en un depósito de polietileno con filtro ultravioleta, si van a estar a la intemperie, o bien de poliéster con revestimiento de resina antiácida, en los que se pueden mantener soluciones nitrogenadas y complejos líquidos ácidos. Para capacidades hasta 3.000 litros son preferibles los depósitos de polietileno. En pequeñas y medianas instalaciones, las *soluciones madre* pueden prepararse diariamente, inyectándose directamente desde el tanque mezclador.

Los basamentos de los depósitos deben efectuarse de modo que tengan suficiente resistencia al peso con líquidos de densidad superior a la del agua

(aproximadamente 1,3 - 1,5). Se tendrá previsión de la resistencia del suelo húmedo y del empuje lateral del viento. Los depósitos tendrán necesariamente que quedar anclados.

Las válvulas para el manejo de las soluciones serán de polipropileno con fibra de vidrio, descartándose las de PVC y por supuesto las metálicas. Las conducciones no conviene sean rígidas, es mejor la manguera flexible con refuerzo de espiral, o bien tuberías de PE de 16 ó 20 mm, que cumplen perfectamente este cometido.

c) Filtros de malla colocados a la salida de los depósitos.

d) Los dosificadores o inyectores de fertilizantes pueden ser de varios tipos:

- Tanques de inyección de abono (útiles solamente en instalaciones muy pequeñas).
- Equipos de succión (*tipo Venturi*).
- Bombas eléctricas de pistón o de membrana.
- Bombas hidráulicas de pistón.

En general los mejores resultados y fiabilidad se consiguen con las **bombas eléctricas de pistón de caudal regulable**, instalándose un equipo que debe ser sumamente resistente a la corrosión, incluso a los ácidos nítrico y fosfórico.

Los dosificadores deberán tener una capacidad de inyección aproximadamente del 1% del caudal de riego instalado, de este modo con soluciones madre del 10% se pueden conseguir dosis del 1 por mil en el agua de riego.

Los dosificadores tipo Venturi, muy económicos y sin mecanismos, tienen su principal inconveniente en la elevada pérdida de carga que se producen, aproximadamente un 30%, cuando se conectan directamente a la línea principal de riego, por lo que generalmente se intenta una conexión en paralelo.

Finalmente como últimas observaciones no descuidar la instalación de filtros de malla antes de la bomba dosificadora, para atrapar las impurezas de los abonos; prever la posibilidad de automatización de la aplicación de fertilizantes; y tener en cuenta que conviene acabar los riegos fertilizantes con un lavado de la instalación con agua limpia durante unos 30 minutos por lo menos. Es necesario igualmente comprobar habitualmente la dosificación correcta y el pH del agua de riego de los últimos goteros con papel indicador. Esta operación puede igualmente monitorizarse y automatizarse, permitiendo de este modo tener una información y control permanente.

Cuando termine la campaña, debe limpiarse cuidadosamente el equipo de fertirrigación y efectuar operaciones de mantenimiento (engrasar, desatascar grifería, limpieza de lodos, etc.).

#### IV.6.- MANEJO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN PLANTACIONES DE OLIVAR EN RIEGO POR GOTEO.

En olivar existe una escasa información contrastada sobre el manejo de la fertilización en plantaciones con riego localizado. Podemos decir igualmente que la fertirrigación no es una práctica habitual entre la mayoría de los olivares de riego en la actualidad, manejándose el abonado en estos olivares de una forma bastante arbitraria y sin criterios racionales, como la aportación de la totalidad del nitrógeno en una o dos aplicaciones anuales a través de la red de riego, utilizando, eso sí, instalaciones y sistemas muy sofisticados para fertirrigación.

Conviene recordar que a diferencia de otros frutales, en olivar el riego solamente va a cubrir entre un 40 y un 50 % de las necesidades totales de agua del cultivo, ya que el 60-50 % restante procede de las precipitaciones de agua de lluvia, tomándola el árbol de la reserva del suelo, junto con una cantidad no despreciable de nutrientes. Por esta razón, la estrategia de fertilización en estos olivares debe adaptarse a esta circunstancia, por lo que en principio nos inclinamos por la programación del abonado aplicando criterios basados en el diagnóstico del **estado nutritivo de la plantación**, criterios que fueron expuestos en los **apartados VI.2 y VI.3**, pero con las lógicas modificaciones que nos permitirán mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes aportados.

Aunque en **regadío** debemos esperar producciones mayores que en **secano**, deben emplearse las dosis de fertilizantes recomendadas en el **apartado VI.4**, en las que se tiene en cuenta la capacidad productiva del olivar. Con estas dosis esperamos mantener los estados nutritivos de la plantación dentro de los rangos de la **suficiencia** para cada uno de los elementos. Pero ello solo no es suficiente, sino que también debemos observar la respuesta vegetativa de los árboles, así como los niveles de producción de la plantación, lo que nos proporcionará una información muy valiosa sobre la adecuación o no del programa de abonado utilizado.

Aplicando estos criterios se han obtenido en plantaciones de agricultores en las provincias de Jaén y Córdoba unos resultados prácticos muy interesantes, lo que no quiere decir que esta técnica esté puesta a punto totalmente, ya que debemos reconocer que la investigación en materia de fertirrigación en olivar está aún por realizar, por lo que en el transcurso de los años irán surgiendo modificaciones a las recomendaciones que presentamos en esta publicación, recomendaciones que debemos considerar como una primera y remota aproximación.

##### IV.6.1.- Nitrógeno.

Puesto que la fertirrigación es una herramienta que permite aportar los nutrientes en el momento en que lo necesita la planta y aumentar la eficiencia de los fertilizantes, no nos inclinamos en los olivares de riego por un aumento abusivo de las dosis de **N**, y mantenemos las recomendaciones del **apartado 4.1**, inclinándonos por la aportación del **N** a lo largo de todo el ciclo vegetativo y de la forma más fraccionada posible.

**Martín Aranda y Troncoso** (citados por **Troncoso, 1994**) demostraron que con 0,58 kg de **N** por olivo, distribuidos en fertirrigación a lo largo del periodo de

riego, se obtenía un buen crecimiento vegetativo y producción, que no fueron mejorados por la fertilización con cantidades mayores de nitrógeno, recomendando los citados autores la aportación de dicha cantidad distribuida en todos los riegos para aumentar la eficiencia del abonado y disminuir las pérdidas por lavado.

Un momento crítico para el olivo es la brotación, hecho que se produce a principio de la primavera, momento en el que el olivo debe disponer de suficiente cantidad de **N**. Si en el invierno ha habido una pluviometría normal, es previsible que el agua haya lavado el nitrógeno del suelo, reduciendo las cantidades disponibles, por lo que si no se va a comenzar muy temprano la campaña de riegos habría que realizar una aportación al suelo, en la forma tradicional, durante el invierno, lo que evitaría el desabastecimiento de **N** en el momento de la brotación. En este caso recomendamos, de forma orientativa, la aportación de un 30 % de la dosis total anual, utilizando **urea** o **sulfato amónico**, completando la dosis a lo largo del año mediante la incorporación junto con el agua de riego.

Teniendo en cuenta la gran solubilidad en agua de los abonos nitrogenados y su gran movilidad en el suelo, es probable que si no se emplea el tipo adecuado de abono, o si el **N** no se maneja adecuadamente, se produzca su arrastre por el agua de riego hacia las capas profundas del suelo o hacia la periferia del *bulbo*, fuera del alcance de las raíces. Por esta razón recomendamos, una vez más, que la dosis total anual sea fraccionada entre todos y cada uno de los riegos.

El **nitrato amónico soluble** (33,5 % **N**) es el abono nitrogenado más recomendable en fertirrigación, dosificando las cantidades a aportar durante toda la campaña de riegos de modo que no aumentemos la salinidad del agua por encima de determinados límites, teniendo en cuenta igualmente la salinidad del agua empleada para el riego. La conductividad eléctrica del agua a la salida por los goteros no debe exceder nunca los **3 dS/m** cuando se aporta abono en todos los riegos, aunque si las aportaciones se hacen con otra cadencia, los límites utilizables son los que presentamos en la **Tabla 4**. Damos también datos de la CE a diferentes concentraciones de algunos de los abonos nitrogenados más utilizados en fertirrigación (**Tabla 5**), lo que debe tenerse en cuenta a la hora de realizar el programa de fertirrigación.

En condiciones normales, la **urea** no es el fertilizante más recomendable en fertirrigación, ya que al no fijarse al complejo de cambio podrían producirse importantes arrastres de **N** fuera del alcance de las raíces. Una excepción podría ser el caso en que se utilicen aguas con cierta salinidad. En este caso la aportación de **N** en forma de urea permitiría abonar sin aumentar la salinidad del agua de riego (**Tabla 5**). **Martín Aranda y Troncoso** (citados por **Troncoso, 1994**) empleando **urea** de una forma muy fraccionada obtuvieron unos excelentes resultados en fertirrigación.

Para evitar el lavado profundo, los fertilizantes **N** deben inyectarse siempre durante el último tercio del tiempo total diario de riego, dedicando al menos la última media hora a la limpieza de la instalación con agua limpia, de modo que una vez finalizado el riego no queden restos de fertilizantes dentro de las tuberías ni en los goteros.

Es interesante investigar el posible contenido de las diferentes formas de nitrógeno en las aguas de riego, especialmente cuando se emplean aguas residuales o de pozos, ya que este contaminante podría aportar una parte importante de las necesidades de abonado nitrogenado durante una campaña, con la consiguiente reducción de los costes de abonado. Una concentración de nitratos de 25 ppm supondría aportar 25 gramos por cada metro cúbico de agua de riego, por lo que una dotación anual de agua de 1.500 m<sup>3</sup>/ha aportaría 37,5 kg/ha de nitratos, que en el caso de un olivar tradicional cubriría más del 45% de las necesidades de N.

En zonas frías y siempre que el análisis foliar realizado en el mes de julio muestre un contenido adecuado de N, es recomendable cortar la aportación de N a final del mes de agosto, aunque continúe el riego durante el otoño. Esta práctica puede adelantar y homogeneizar la maduración, y reducir el riesgo de heladas otoñales, siendo especialmente importante esta recomendación en las plantaciones jóvenes.

Cuando se emplea el **ácido nítrico** como corrector del pH tratando de evitar así los precipitados calizos que obturarían los emisores, debe tenerse en cuenta esta aportación nitrogenada a la hora de realizar el programa anual de fertilización, contabilizándola, ya que un ácido nítrico del 56 % de riqueza aporta un 12 % de N, cantidad que puede cubrir una parte importante de las necesidades de este elemento.

#### IV.6.2.- Fósforo.

Las cantidades de P que deben ser aportadas se determinarán también en base al estado nutritivo de los árboles, no abonando cuando el contenido en hoja sea el adecuado. En el caso en que se observen niveles bajos en este elemento es recomendable su corrección empleando **ácido fosfórico** en fertirrigación, aportando una alta proporción de las necesidades totales en los primeros riegos de la primavera, de modo que cuando se inicie la brotación del olivo el P esté disponible para la planta.

En olivares con estado nutritivo un poco por debajo del umbral de suficiencia, lo que es bastante frecuente en muchos olivares de Andalucía, aportaciones anuales de **0,5 kg/olivo de ácido fosfórico** disuelto en el agua de riego y fraccionado las aplicaciones, han resuelto satisfactoriamente el problema de la nutrición en P. Teniendo en cuenta su limitada movilidad en el suelo con respecto al N, y las molestias que ocasiona la manipulación de este ácido, su aplicación podría realizarse en un reducido número de aportaciones.

En el caso de **olivares regados por goteo** puede ser interesante la utilización de **ácido fosfórico** en la limpieza de la instalación en lugar de otros ácidos fuertes como clorhídrico y nítrico, habituales en este tipo de operaciones, con lo que contribuiríamos a cubrir parte de las necesidades anuales de P y evitaríamos la pérdida de fertilidad en el bulbo.

Otra forma de corregir las eventuales deficiencias en P es recurrir a la aportación foliar en forma de **fosfato monoamónico**, lo que podría ser recomendable cuando se empleen aguas con alta concentración en calcio, empleándose en este caso concentraciones del 2-3 % p/v.

#### IV.6.3.- Potasio.

Aunque el potasio es mucho menos móvil en el suelo que el **N**, un mal manejo de la fertirrigación podría causar también importantes pérdidas de este nutriente, por lo que recomendamos su fraccionamiento.

También en el caso del potasio programaremos el abonado en base al estado nutritivo de la plantación (**Apartado IV.4.3**), pero teniendo en cuenta que no debemos permitir un descenso en el nivel de fertilidad en **K** en el bulbo húmedo, es por lo que aconsejamos realizar ciertas aportaciones anuales de este elemento junto con el agua de riego. **Martín Aranda y Troncoso** (citados por **Troncoso, 1994**) en olivares con buena producción en los que no existían deficiencias en este nutriente, recomiendan la aportación de **0,3 - 0,4 kg de K por olivo y año**.

En suelos calizos en Andalucía, la aportación de **nitrate potásico** a través de la instalación de riego y en forma muy fraccionada a lo largo del periodo **primavera-otoño** ha aumentado las concentraciones en hoja de este elemento por encima de los *niveles adecuados*, pero la aportación foliar de idénticas cantidades de **K** nos ha proporcionado aún mejores resultados, aunque en ambos casos las producciones han sido similares, por lo que por comodidad nos inclinamos por la aportación junto con el agua de riego.

No es recomendable el empleo de **sulfato potásico** en fertirrigación, en especial cuando se emplea agua de escasa calidad, ya que los precipitados podrían causar problemas de obturación de los goteros. Tampoco debe utilizarse nunca el **cloruro potásico** en fertirrigación, debido a los problemas de salinidad que podría ocasionar, así como a la posible toxicidad por la presencia de cloruros.

Cuando para el riego se empleen aguas salinas, somos partidarios de la aportación de la mayor parte del potasio por vía foliar.

#### IV.6.4.- Otros elementos.

En principio no nos inclinamos por la aplicación de los microelementos vía fertirrigación, recomendando su aportación foliar en los casos en que sea necesario corregir los niveles de deficiencia, teniéndonos en este caso a las recomendaciones realizadas en el **Apartado IV.4.4**.

#### IV.7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSORENA MINER, J. (1995). Fertilidad del suelo: disponibilidad y pérdidas de nutrientes *Fruticultura Profesional*, 75: 34-44.

FERNÁNDEZ ESCOBAR, R.(1994). Fertilización del olivar. *Fruticultura Profesional Supl. nº 62*, 55-63.

BOUAT, A., RENAUD, P., DULAC, J.(1958). Etude sur la physiologie de la nutrition de l'olivier. *Ann. Agron. Serie A*, 9: 193-215.

DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A.(1993). *Fertirrigación. Ed. Mundi-Prensa*. Madrid. 217pp.

FERNÁNDEZ ESCOBAR, R.(1994). Fertilización del olivar. *Fruticultura Profesional Supl. nº 62*, 55-63.

- FERREIRA, J., PASTOR, M., MAGALLANES, M. (1978).** Ensayos de fertilización foliar nitrogenada en el olivo. *Actas Seminaire Sur l'Olivier et Autres Plantes Oleagineuses Cultivees en Tunisie*. Mahdia (Túnez), 93-100.
- FERREIRA, J.; GARCÍA-ORTIZ, A.; FRÍAS, L.; FERNÁNDEZ, A.(1986).** Los nutrientes N, P, K en la fertilización del olivar. *OLEA*, 17, 141-152.
- FREEMAN, M.; URIU, K.; HARTMANN, H.T.(1994).** Diagnosing and Correcting Nutrient Problems. En: Olive Production Manual. *Publ. 3353. University of California*. 77-86.
- GÓMEZ GAMERO, R. (1986).** La lucha contra la clorosis férrica: Ready-Fer, un nuevo quelato de hierro. *Fertilización - ERT*, 104: 46-52.
- HARTMANN, H.T. (1958).** Some Responses of the Olive to Nitrogen Fertilizers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 72: 257-266.
- HARTMANN, H.T.; URIU, K.; LILLEND, O.(1966).** Olive nutrition. En: *Nutrition of Fruit Crops*. Ed. N.F. Childers. 252-261.
- HARTMANN, H.T.; OPITZ, K.W.; BENTEL, J.A.(1986).** La producción oleícola en California. *OLIVAE*, 11, 24-66.
- KLEIN, I.; WEINBAUM, S.A.(1984).** Foliar application of Urea to Olive: Translocation of Urea Nitrogen as Influenced by Sink Demand and Nitrogen Deficiency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (3), 356-360.
- NAVARRO, C.; FERNANDEZ-ESCOBAR, R.; BENLLOCH, M.(1992).** A low pressure trunk-injection method for introducing chemicals formulations into olive trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117(2), 357-360.
- PASCUAL ESPAÑA, B., ALIAGA MORELL, J.R. (1992).** Criterios agronómicos para la fertilización de los cítricos. *Fruticultura Profesional. Nutri-Fitos '92*. 6-17.
- POLÍ, M. (1986).** La vecería del olivo (estudio bibliográfico). *OLIVAE*, 10, 11-33.
- PIZARRO, F. (1990).** Riegos localizados de alta frecuencia. *Ed. Mundi-Prensa*. Madrid. pp.471.
- RECALDE, L., CHAVES, M.(1975).** Fertilización. *Ponencias del II Seminario Oleícola Internacional. Córdoba*. 1:51-70.
- RINCÓN SÁNCHEZ, L.(1991).** Fertirrigación en cultivos hortícolas. En: Madrid Vicente, R., El agua y los fertilizantes. Fertirrigación localizada. Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. 223-239.
- TORRECILLAS, A., SANCHEZ-BLANCO, M.J., HERNÁNDEZ, A., GÓMEZ, J. (1991).** Consideraciones sobre algunos aspectos relativos al uso combinado del agua y los fertilizantes. En: Madrid Vicente, R., El agua y los fertilizantes. Fertirrigación localizada. Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. 223-239.
- TRONCOSO, A.(1994).** Fertirrigación del olivo. *Fruticultura Profesional Supl. nº 62*, 65-68.

## ANEXO 1

### INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS

#### 1.- MATERIA ORGÁNICA

Si los datos se refieren al contenido en materia orgánica oxidable del suelo (método Walkley-Black), la interpretación puede ser la siguiente:

Materia orgánica %	Interpretación
0 - 0,9	Muy bajo
1 - 1,9	Bajo
2 - 2,5	Normal
2,6 - 3,5	Alto
Mayor de 3,6	Muy alto

#### 2.- CARBONATO CÁLCICO

En los análisis de caliza total realizados empleando el calcímetro de Bernard, la interpretación de los resultados analíticos puede ser la siguiente:

Caliza total ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) %	Interpretación
0 - 5	Muy bajo
5 - 10	Bajo
10 - 20	Normal
20 - 40	Alto
Mayor de 40	Muy alto

#### 3.- CALIZA ACTIVA

En los análisis de caliza activa, que se determina empleando el método de Droineau, la interpretación puede ser la siguiente:

Caliza activa	Interpretación
0 - 6	Baja. No suele aparecer clorosis.
6 - 9	Medía. Se ven afectadas especies sensibles.
Mayor de 9	Alta. Pueden aparecer problemas graves de clorosis.

#### 4.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Mide la fertilidad del suelo y representa la capacidad que tiene el suelo para retener e intercambiar cationes. Es función del contenido en arcilla o en M. O.

Los valores medios de C.I.C. para suelos con buena fertilidad son los siguientes:

Suelo arenoso (menos de 10% arcilla): 10 meq/100 gr

Suelo franco (10 - 30% arcilla): 15 meq/100 gr

Suelo arcilloso (más de 30% arcilla): 20 meq/100 gr

Los valores por debajo de 5 meq/100 gr indican una baja fertilidad del suelo.

Para extracciones con acetato amónico, los valores en los cationes del suelo más importantes pueden ser los siguientes:

meq/100 gr				
Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Interpretación
0 - 3,5	0 - 0,6	0 - 0,25	0 - 0,30	Muy bajo
3,5 - 10	0,7 - 1,5	0,26 - 0,50	0,31 - 0,60	Bajo
10 - 14	1,6 - 2,5	0,51 - 0,75	0,61 - 1,00	Normal
14 - 20	2,6 - 4	0,76 - 1,00	1,01 - 1,50	Alto
Mayor 20	Mayor 4	Mayor 1	Mayor 1,5	Muy alto
200,4	121,6	391	230	Para convertir en ppm multiplicar por

## 5.- NITRÓGENO

Teniendo en cuenta la variabilidad a lo largo del año e inter anual del contenido de N en suelo, no deben tenerse muy en cuenta los resultados analíticos para el diagnóstico de la fertilización.

## 6.- FÓSFORO

Para la determinación de fósforo asimilable en suelos neutros, alcalinos y en los poco ácidos se recomienda el empleo del método Olsen (emplea como extractante el bicarbonato sódico. En la interpretación de los resultados puede emplearse la tabla siguiente:

Contenido en fósforo asimilable (ppm). Método Olsen

	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
<b>Secano</b>					
Arenoso	0 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 20	21 - 32
Franco	0 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 30	31 - 48
Arcilloso	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
<b>Regadío extensivo</b>					
Arenoso	0 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 30	31 - 48
Franco	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
Arcilloso	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 50	51 - 80
<b>Regadío intensivo</b>					
Arenoso	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 50	51 - 74
Franco	0 - 15	16 - 30	31 - 45	46 - 60	61 - 90
Arcilloso	0 - 20	21 - 35	36 - 50	51 - 70	71 - 106

Suelo tipo arenoso (menos del 10% de arcilla).

Suelo tipo franco (entre 10 - 30% de arcilla).

Suelo tipo arcilloso (más del 30% de arcilla).

En suelos bastante ácidos se emplea el método Bray-Kurtz. La interpretación de los resultados puede hacerse en base a la siguiente tabla:

P (ppm)	Interpretación
0 - 3	Muy bajo
3 - 7	Bajo
7 - 20	Normal
20 - 30	Alto
Más de 30	Muy alto

## 7.- POTASIO

Para conocer el nivel de fertilidad en potasio asimilable en suelos destinados a diferentes sistemas de cultivo puede utilizarse la Tabla siguiente:

Contenido de Potasio asimilable (ppm). Extracto con acetato amónico.

Cultivo/suelo	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
<b>Secano</b>					
Arenoso	0 - 60	61 - 120	121 - 175	176 - 300	301 - 470
Franco	0 - 78	80 - 160	161 - 230	231 - 400	401 - 625
Arcilloso	0 - 100	101 - 200	201 - 300	301 - 475	476 - 780
<b>Regadío extensivo</b>					
Arenoso	0 - 75	76 - 150	151 - 235	236 - 390	391 - 625
Franco	0 - 100	101 - 200	201 - 300	301 - 480	481 - 780
Arcilloso	0 - 120	121 - 235	236 - 350	351 - 580	581 - 940
<b>Regadío intensivo</b>					
Arenoso	0 - 120	121 - 215	216 - 330	331 - 525	526 - 820
Franco	0 - 135	136 - 255	256 - 390	391 - 625	626 - 975
Arcilloso	0 - 150	151 - 290	291 - 450	451 - 725	726 - 1100

Suelo tipo arenoso (menos del 10% de arcilla).

Suelo tipo franco (entre 10 - 30% de arcilla).

Suelo tipo arcilloso (más del 30% de arcilla).

## 8.- FUENTES DE INFORMACIÓN:

- **COTTENIE, A. (1980).** Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Soil Bulletin nº 38/2. Roma.

- **GUERRERO, A. (1990).** El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa.

- **FUENTES YAGÜE, J.L. (1994).** El suelo y los fertilizantes. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. Madrid.



# ***CAPÍTULO V***

## **LA PODA EN OLIVARES DE REGADÍO**

Autores: Miguel Pastor (\*), Angel García-Ortiz (\*), Victorino Vega (\*).

(\*). Departamento de Olivicultura y Arboricultura Frutal. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.



En regadío, y a medida en que la pluviometría y las aportaciones de agua de riego sean mayores, el planteamiento de la poda debe ser muy diferente al que nos hacemos en los olivares de secano, ya que en regadío es posible mantener árboles más frondosos y de gran tamaño, con una mayor cobertura del suelo, lo que nos permitirá obtener una mayor producción de aceitunas.

En regadío el agua ya no es el factor limitante, pero el sombreado entre árboles dentro de la plantación podría ser el factor que limite la producción, pudiendo afectar negativamente a la calidad de los frutos producidos. El efecto negativo del sombreado podría adquirir especial importancia en las plantaciones densas, aunque este aspecto no ha podido aún ser demostrado experimentalmente. En ensayos realizados en Córdoba, cuando las aportaciones de agua de riego cubren las necesidades del olivo, las producciones de aceituna han aumentado a medida en que aumentó la densidad de plantación (**Figura 1**), como es natural dentro de ciertos límites. En el caso del olivar este límite podría situarse en 400-450 plantas por hectárea (**Psillakys y col., 1981; Klein, 1993**).

En cada medio productivo existe un tamaño óptimo de árboles con el que la plantación proporciona cosechas abundantes y con escasa alternancia de producción, proporcionando además frutos de buen tamaño y con un adecuado rendimiento graso. Este tamaño de árboles es medible fácilmente, y expresado como **volumen de copa en metros cúbicos por hectárea**, es una característica de cada **medio productivo**. Cuando la plantación es adulta y ha alcanzado ya su óptimo desarrollo, el volumen de copa no depende de la densidad de plantación, sino de la calidad del medio en el que vegeta la plantación: profundidad y calidad del suelo (capacidad de retención de agua, disponibilidad de nutrientes, etc), y de las disponibilidades de agua (pluviometría media y dotaciones de riego), fundamentalmente. Como es natural, cuando la pluviometría es alta y/o contamos con aportaciones de agua de riego, es posible mantener volúmenes de copa mucho mayores que en los secanos tradicionales, lo que nos permitirá obtener producciones mucho mayores.

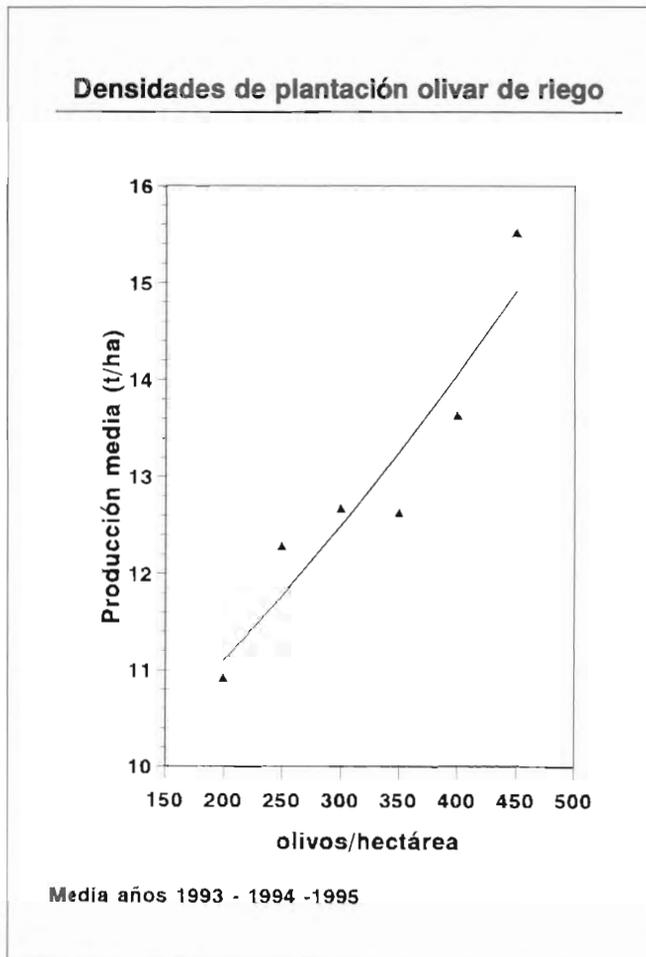
Estudios realizados en la provincia de Jaén nos han permitido evaluar los volúmenes de copa en dos zonas representativas (**Tabla 1**). Mientras que en secano

**Tabla 1: Volúmenes de copa (m<sup>3</sup>/ha) y superficie de suelo cubierta en olivares tradicionales (< 100 olivos/ha)**

Provincia	Comarca	Cultivo	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Superficie cubierta (%)
Jaén	Campiña	Secano	8,800	25,7
		Riego	15,250	38,6
Jaén	Condado	Secano	8,200	25,5
		Riego	12,400	33,4

parece posible mantener volúmenes de copa de unos 8.000 m<sup>3</sup>/ha, en riego esta cifra podría llegar a ser de 12 a 15.000 m<sup>3</sup>/ha, en función de las dotaciones de agua disponibles, por lo que en el caso de una plantación tradicional con **80 olivos/hectárea** lograríamos una cobertura del suelo en riego entre el 33 y 38 %, mientras que en secano apenas lograríamos cubrir el 25 %. Estas diferencias permiten explicar el mayor potencial de producción de los olivares regados.

Es frecuente que se poden las plantaciones de riego con los mismos criterios que las de secano. En regadío muchos podadores reducen drásticamente el volumen de copa de los árboles, lo que siempre va a ocasionar importantes pérdidas de producción, disminuyéndose permanentemente el potencial productivo del olivar.



**Figura 1:** En regadío es preferible emplear altas densidades de plantación. En el ensayo que se lleva a cabo en Alameda del Obispo (Córdoba) en un olivar de la variedad Arbequina que se riega sin limitaciones de agua, la producción ha aumentado al hacerlo la densidad de plantación, dentro del intervalo de 200 a 450 olivos/ha.

## Poda olivar de riego - Var. Gordal

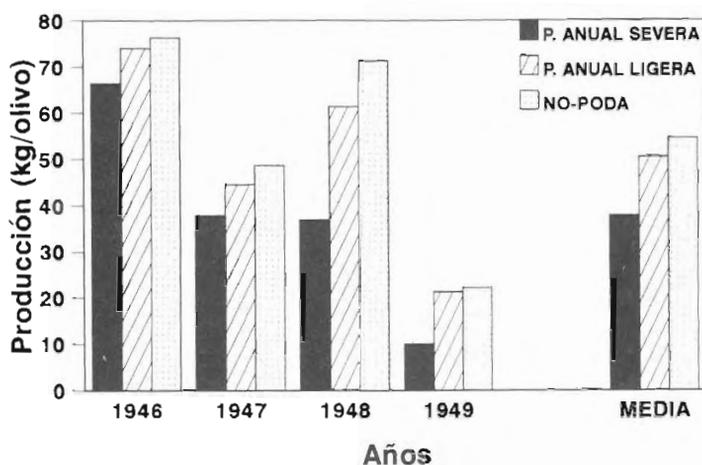


Figura 2: Resumen de los datos de un ensayo de poda realizado por Hartmann y col. (1960) en olivar de riego variedad Gordal en California. A medida en que se redujo la intensidad de la poda las producciones de aceitunas fueron mayores.

Aunque en España no tenemos demasiados datos que ilustren el problema planteado, en California (USA), Hartmann y col. (1960) en olivares de riego, en los que emplean las variedades de aceituna de mesa andaluzas Manzanilla y Gordal, plantearon una serie de ensayos cuyos resultados son bastante ilustrativos. En la Figura 2 presentamos datos de uno de sus ensayos, realizado en el condado de Corning durante 4 años en árboles adultos de regadío de la variedad Gordal plantados con un marco de 9 x 9 metros. Se ensayaron dos tipos de poda anual en los que se varió la intensidad de aclareo de la copa, *poda severa y poda ligera*, además de un *testigo no-podado*. Los resultados muestran un aumento de la producción a medida en que se redujo la intensidad de la poda, siendo los árboles no podados los que proporcionaron la mayor producción. Los autores determinaron igualmente el valor total de la cosecha, llegando también a la conclusión de que en las condiciones en las que se desarrolló el ensayo, en las que se cubrieron las necesidades de agua del cultivo, es necesario reducir al máximo la intensidad de la poda, ya que de este modo se obtendrían unos mayores ingresos por hectárea. Sin embargo, proponer a largo plazo *sistemas sin poda* no fue el objetivo con el que se planteó el ensayo anterior, ya que a largo plazo estos sistemas pueden llevar a una situación insostenible agrónomicamente, dificultando o imposibilitando la recolección de los frutos.

Son también muy ilustrativos los datos presentados en la Tabla 2, correspondientes a un ensayo de 13 años de duración realizado en Córdoba en árboles jóvenes de un solo tronco de la variedad Manzanilla, con riego por goteo y plantados al marco 6 x 5 m. Se realizaron dos tipos de poda, realizada en ambos casos cada dos

**Tabla 2: Ensayo de poda, finca "La Ladera" (Córdoba). Olivar con riego por goteo. Variedad Manzanilla. Marco 6x5 m. Plantación 1977.**

AÑOS	PRODUCCIONES kg/hectárea	
	PODA V	PODA M
1983(*)	280	506
1984	14219	15684
1985	3986	2914
1986	14279	15018
1987	829	576
1988	19081	20250
1989	18881	18535
1990	12960	15584
1991	8458	9041
1992	15228	18715
1993	14412	13094
1994	12804	16856
1995	22994	20480
<b>MEDIA</b>	<b>12185</b>	<b>12866</b>
<b>Media 91 - 95</b>	<b>14779</b>	<b>15637</b>

(\*) Cosecha afectada por helada

años. Una poda en la que los árboles fueron formados en **vaso libre (PODA "V")** con tres o cuatro ramas principales, recibiendo un aclareo normal de ramos fructíferos; y una poda **sin formación preestablecida (PODA "M")**, en la que los olivos recibieron un aclareo muy poco intenso de ramos finos. Las producciones medias fueron muy altas en ambos casos, más de 12.000 kg/ha, obteniéndose tamaños de frutos y rendimientos grasos muy similares en los dos tipos de poda. Sin embargo, la producción media fue sensiblemente mayor en el caso de la poda menos severa (**PODA "M"**), obteniéndose **858 kg** más por hectárea que en la **PODA "V"** en el último quinquenio.

En olivar de aceituna de almazara en riego, en donde el tamaño del fruto tiene una menor importancia, creemos que es aún más necesario podar con menor intensidad, procurando aumentar con el tiempo los volúmenes de copa de los árboles, así como obtener olivos más frondosos y con mayor índice de área foliar, a lo que se llega reduciendo la intensidad de las intervenciones de poda, o también alargando los periodos de tiempo transcurridos entre dos podas. Esta opinión queda patente en los datos presentados en la **Figura 3** que muestra las producciones acumuladas en un ensayo de 11 años de duración realizado en Cazorla por técnicos de la Delegación Provincial de Jaén de la Consejería de Agricultura, en unos años con una pluviometría media de unos 700 mm, en condiciones de disponibilidades de agua similares a las de los actuales olivares con riego de apoyo en la provincia de Jaén. Hay que decir que se trabajó en un olivar tradicional adulto, con árboles en muy buen estado vegetativo, frondosos y bien renovados, y con una escasa cantidad de madera. Se compararon las producciones obtenidas cuando se podaba **cada año, cada dos o cada cuatro años**. Las mayores producciones medias se obtuvieron en los olivos podados cada cuatro años, en los que la producción total acumulada

superó en 69,3 kg/olivo a la de los árboles podados cada 2 años, costumbre tradicional en la zona, a pesar de haberse realizado en todos los casos una poda de intensidad muy moderada.

Los anteriores datos no son una casualidad, ya que fueron contrastados en un segundo ensayo realizado por el Departamento de Olivicultura en la localidad de Cabra en la Provincia de Córdoba (**Pastor y Humanes, 1989**), en condiciones agronómicas parecidas a las del ensayo de Cazorra. Los resultados fueron muy similares (**Figura 4**). Cuando se podaba cada 4 ó cada 5 años se obtuvo respectivamente una producción media de 9 y 12 kg/olivo y año superior a la poda bianual, sin que se afectara negativamente la calidad de los frutos producidos.

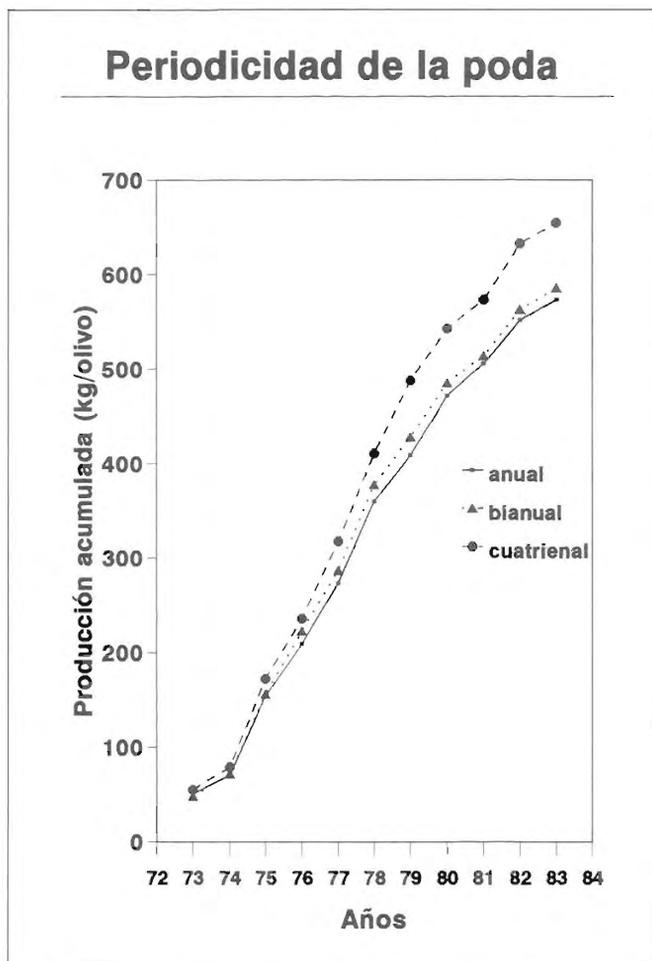
Ya se dijo anteriormente que en el olivar de riego es necesario reducir al máximo la intensidad de la poda, en especial cuando esta se realiza anualmente o cada dos años. Como en la mayoría de los casos es difícil reducir la severidad de las intervenciones debido a la *tozudez* y a los *hábito rutinarios* de muchos podadores, la solución ideal podría ser podar cada tres o cada cuatro años.

Cuando se suceden varios años de sequía, es normal que se reduzcan las dotaciones de agua de riego, en especial cuando se utilizan aguas superficiales. En ningún caso debería reducirse excesivamente el **tamaño de la copa** de los olivos mediante podas severas, ya que podría disminuirse el vigor de los árboles, además de reducir a corto y medio plazo el potencial productivo de la plantación, pues cuando lleguen los años con precipitaciones suficientes o abundantes, en los que serán igualmente mayores las dotaciones de agua de riego, son las grandes cosechas las que harán subir el nivel medio de producción y la rentabilidad de nuestro olivar.

En **periodos de sequía** es recomendable hacer una *poda de aclareo de la copa más intensa*, cortando únicamente ramas finas, lo que reducirá el consumo total de agua por la planta, pero se procurará no reducir el esqueleto o armazón de los olivos, y por lo tanto su volumen de copa y potencial de producción.

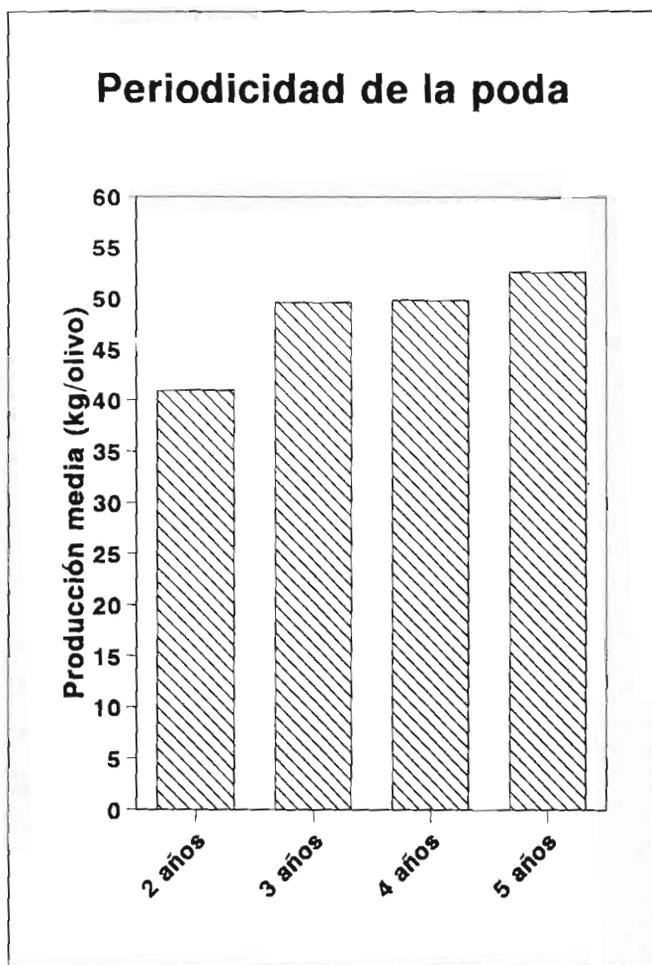
El mantenimiento de copas excesivamente **compactas y formas esféricas** no permitirá una buena iluminación dentro de la copa, por lo que no se optimizaría el empleo de la radiación solar. Para un volumen de copa determinado, las formas esféricas no proporcionan la mayor superficie de fructificación. Por el contrario, las **podas severas** que den lugar a árboles abiertos, con las ramas muy extendidas y casi horizontales, y con las *maderas* expuestas al sol, como se hace en muchas zonas de olivar especializadas en la producción de aceituna de mesa, no son tampoco las más recomendables, ya que la excesiva insolación, además de quemar las ramas, hace reaccionar al olivo obligándole a la emisión continuada de *chupones* muy vigorosos y poco productivos, lo que ocasionará un despilfarro de savia elaborada, y la consiguiente pérdida de capacidad productiva. No olvidemos nunca que las maderas deben quedar a la sombra y las hojas al sol, elaborando así la máxima cantidad de asimilados.

En plantaciones de riego puede ser interesante la poda en verde durante la parada vegetativa de verano, eliminando alguno de los *chupones más vigorosos* insertos en las ramas principales, ya que demandan una gran cantidad de asimilados, compitiendo con otras formaciones vegetativas, y con los propios frutos, en una época de gran demanda, en la que la formación de aceite en la aceituna es máxima.



**Figura 3:** En olivares que vegetan en medios productivos de calidad, buena pluviometría media y con amplios marcos de plantación, puede ser conveniente aumentar los periodos de tiempo transcurridos entre dos podas consecutivas. En el gráfico presentamos las producciones medias acumuladas de un ensayo realizado en Cazorla (Jaén), durante el período 1973-1983, en olivar adulto de tres troncos, plantado al marco 12x12 m, en el que se venía aplicando con acierto el sistema de poda de renovación de madera gruesa continuado, tradicional en Andalucía. Como vemos, las podas anuales y bianuales (tradicionales), proporcionaron menores producciones medias que las podas cada 4 años (Datos de la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Pesca - Jaén).

La **vecería**, que es una alteración en el ritmo anual de producción, es un fenómeno que se observa también en los olivares de regadío, y está ocasionada por la tendencia del olivo a producir un excesivo número de frutos, por lo que después de una gran cosecha es normal que los árboles presenten un deficiente estado nutritivo, además de un escaso crecimiento de brotes, que serán los portadores de la cosecha el año siguiente.



**Figura 4:** Datos obtenidos en el ensayo realizado en la Finca Veredas del t.m. de Cabra en la Provincia de Córdoba, que confirman los datos presentados en la figura 3. Se observa igualmente como alargando los períodos de tiempo transcurridos entre dos podas puede aumentarse la producción del olivar, siempre que el agua no sea el factor limitante de la producción.

En los años en los que se prevea una producción excesiva, la poda debería limitar el número de yemas de flor mediante un adecuado ***aclareo de ramos fructíferos*** durante el invierno anterior, con lo que se tratará de reducir el número inflorescencias producidas, y posiblemente también el número total de frutos cuajados, lo que permitirá obtener aceitunas de mayor tamaño y esquilmar menos el árbol. Tengamos en cuenta que la reducción del número de frutos siempre trae consigo un aumento del tamaño de las aceitunas (**Pastor y Humanes, 1989**).

Por el contrario, en años de *previsible descarga*, debería podarse con muy poca intensidad, o incluso no podar, ya que la poda reduciría el número de yemas de flor



**Fotografía 1:** En muchas ocasiones la poda no permite obtener la máxima producción en los olivares de riego. En regadío debe permitirse el máximo crecimiento de los árboles (foto superior). Sin embargo, podas más severas (foto inferior) pueden ocasionar importantes pérdidas de producción, no permitiendo obtener del olivar el máximo potencial productivo.



disponibles para poder lograr una cosecha. Normalmente el olivarero suele hacer todo lo contrario.

Una forma eficaz de **augmentar el tamaño** de las aceitunas sin recurrir a la realización de podas severas, podría ser el **aclareo químico de frutos**. Esta técnica aumenta el tamaño de la aceituna reduciendo el número de frutos del olivo después del cuajado. La técnica está puesta a punto para el caso de las pulverizaciones postfloración con **ácido naftalén acético (A.N.A.)**, práctica con la que hemos obtenido resultados muy interesantes en aceituna de mesa variedades Manzanilla y Hojiblanca en Andalucía (**Pastor y col., 1992**), habiéndose demostrado que sin perderse producción es posible obtener frutos de similar tamaño que los obtenidos aplicando una poda tan severa como la practicada en la zona de Sevilla, pero sin los inconvenientes que ella ocasiona (reducción del vigor, alto coste, etc.). Recientemente se está tratando de poner a punto otras técnicas de aclareo químico a base de pulverizaciones postfloración con **urea**.

Es muy importante evitar que el tamaño de los olivos supere el **volumen óptimo de copa**, que como se ha dicho, es característico de las disponibilidades medias de agua en el suelo. Un **volumen de copa excesivo**, superior al óptimo, incidiría negativamente sobre el tamaño del fruto, sobre el **rendimiento** graso de las aceitunas, y sobre la regularidad y cuantía de las producciones. Un árbol de gran tamaño consume más rápidamente el agua disponible en el suelo, por lo que si la aportación de agua de riego es limitada en verano, época de mayor demanda, podría producirse un severo déficit hídrico que afectaría negativamente al desarrollo de los frutos y a la formación de aceite.

Por tanto, es labor fundamental del podador y por qué no del olivarero, la vigilancia del correcto desarrollo de los árboles y, mediante la poda, mantener el volumen óptimo productivo de acuerdo con las disponibilidades de agua, equilibrando de este modo el crecimiento y la fructificación. Como es natural, el marco de plantación empleado juega un papel muy importante, ya que a mayor densidad de plantación mayores serán los problemas de competencia que pueden plantearse entre los árboles, siendo más difícil su manejo en las plantaciones intensivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HARTMANN, H.T., OPITZ, K., HOFFMANN, R.M. (1960). Taille des oliviers en Californie. Infor. Oleicoles Internationales, 11: 33-67.
- KLEIN, I. (1993). Olive research activities of the Institute of Horticulture - Volcani Center. Israel. Proc. Meeting of Working Group on Production Techniques and Productivity. FAO International Cooperative Research Network Olives. Perugia.
- PASTOR, M., HUMANES, J. (1989). Poda del olivo. Moderna olivicultura. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid.
- PASTOR, M., HERMOSO, M., REVILLA, J., NAVARRO, C., MORALES, J., VEGA, V., ARQUERO, O. (1992). Poda de producción del Olivar. Aclareo químico de frutos con A.N.A. Informaciones Técnicas, 14/92. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- PSILLAKIS, N., MATHIOUDI, M., METZIDAKIS, I., MIKROS, L., TSOMPANAKIS, I. (1981). Influence de la densité de plantation sur la variété d'olive à huile *Koroneiki*. En: F.A.O.: Seminaire International sur la Culture Intensive de l'Olivier. Marrakech. 95-101.



***CAPÍTULO VI***

**SISTEMAS DE CULTIVO  
Y MANEJO DE HERBICIDAS**

Autores: Miguel Pastor (\*), Juan Castro (\*) y Milagros Saavedra (\*\*).

(\*) Departamento de Olivicultura y Arboricultura Frutal. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

(\*\*) Departamento de Protección Vegetal. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.



## VI.1.- INTRODUCCIÓN

Aunque tradicionalmente se ha labrado el olivar, desde el punto de vista técnico, cada vez está más en entredicho este sistema de cultivo. Trabajos de investigación realizados en los últimos 15 años ponen de manifiesto que el laboreo no es el sistema óptimo de cultivo, ya que en multitud de ensayos realizados en Andalucía, sistemas como el *no-laboreo* o el *mínimo laboreo* (1 ó 2 labores superficiales anuales), en los que el control de malas hierbas se encomienda a los herbicidas, han proporcionado una mayor producción que el laboreo tradicional (**Pastor, 1991**). Solamente en algunos tipos de suelo puede ser más recomendable el laboreo (**Aguilar y col., 1995**), recomendándose en este caso las labores muy superficiales.

Desde el punto de vista de **conservación del suelo**, la comunidad científica mundial admite que el laboreo es el sistema de cultivo que genera mayores pérdidas de suelo por erosión, mientras que los sistemas sin laboreo reducen globalmente las pérdidas de suelo. Sin embargo, la solución más eficaz para luchar contra la erosión es cubrir el suelo, manteniendo sobre la superficie del terreno una cubierta vegetal viva o los restos vegetales, una vez que se ha realizado la siega de la cubierta al principio de la primavera, lo que evita la competencia por el agua con el olivo. Ensayos realizados han demostrado igualmente que si el manejo de la cubierta es correcto en cuanto a fertilización y fecha de siega, no se ocasionarán pérdidas de producción al olivar (**Pastor y col., 1996**), incluso en olivares de secano.

Por otro lado, el laboreo no es el sistema que resulta más económico al olivero, ya que si se realiza una valoración exacta de todos los costes imputables a las labores, especialmente altos durante las primaveras lluviosas, este sistema tradicional genera unos mayores costes que los sistemas de laboreo reducido o que el no-laboreo, en los que los herbicidas muestran una mayor eficacia en el control de las malas hierbas que las labores continuadas.

Los aumentos de producción que proporcionan los sistemas de mínimo o nulo laboreo son imputables fundamentalmente a un aumento en la eficiencia en el uso del agua de lluvia.

La primavera es la época del año en la que las labores son menos oportunas. En esta época se produce la máxima actividad vegetativa, ya que las disponibilidades de agua en el suelo son abundantes y las temperaturas permiten una máxima actividad vegetativa. En primavera las labores pueden aumentar la evaporación de agua desde el suelo, por lo que la ausencia de labores, si las hierbas están controladas, puede poner a disposición del cultivo importantes cantidades de agua. Por otro lado, las labores rompen las raíces de los árboles, lo que puede ocasionar un desequilibrio en la relación funcional hoja/raíz, que pue-

de traducirse en una parada vegetativa hasta que se restablezca de nuevo el equilibrio, lo que junto con la pérdida de agua por evaporación puede repercutir negativamente en el crecimiento de los brotes, así como en el cuajado y crecimiento de los frutos, pudiendo traducirse en considerables pérdidas de producción (Pastor, 1990).

Los sistemas de cultivo al modificar las propiedades físicas del suelo (conductividad térmica fundamentalmente) pueden influir igualmente sobre el régimen de temperaturas de la plantación, tanto en las del suelo como en las del aire (Pastor, 1990; Pastor y col., 1996), lo que indudablemente puede influir en la fenología del olivo y finalmente también en la producción.

## VI.2.- UN ENSAYO DE SISTEMAS DE CULTIVO EN OLIVARES CON RIEGO POR GOTEO.

En el olivar de riego el planteamiento del manejo del suelo podría ser diferente al del olivar de secano, ya que el agua, y especialmente cuando con el riego se cubren las necesidades del cultivo, ya no debería ser el factor limitante de la producción.

Desgraciadamente no todos los olivares de riego reciben aportaciones adecuadas de agua, sino que en la mayoría de los casos se trata de riegos muy deficitarios, por lo que los árboles pueden sufrir **déficit hídrico** en determinados momentos. En esta situación el planteamiento para la correcta elección del sistema de cultivo puede ser similar al del secano, ya que la reserva de agua en el suelo puede cubrir, también en este caso, una parte importante de la demanda anual del cultivo, por lo que cualquier ahorro de agua repercutirá positivamente en la producción.

Tratando de verificar esta hipótesis, en 1985 se planteó en Puente Genil (Córdoba) un ensayo de sistemas de cultivo en olivar de riego por goteo en el que se compararon tres sistemas: **laboreo**, **no-laboreo**, y **mínimo laboreo**. Se trata de un olivar adulto con más de 20 años de edad plantado con marco 7,8 x 4,5 m (285 olivos/ha), y que vegeta en un suelo bastante llano. Cada fila de árboles estaba equipada con una tubería de PE portadora de dos emisores autocompensantes de 4 l/h por olivo. Se regó en el periodo marzo-octubre, y la dotación anual fue de 1.500 m<sup>3</sup>/ha. Las producciones de aceitunas se controlaron durante el periodo 1987 a 1993, ambos inclusive.

En el sistema de **laboreo**, los olivos fueron labrados de forma convencional a lo largo de la calle ancha, y durante todo el año, dejándose una estrecha banda sin labrar, de 1 metro de ancho, bajo la copa de los olivos, a la que se aplicó herbicida residual para no tener que retirar la tubería cada vez que se realizaban las labores. El olivar en **no-laboreo** no recibió ningún tipo de labores durante los 8 años de duración del ensayo, controlándose las malas hierbas aplicando anualmente en otoño una mezcla de **simazina + diurón (2,0 + 2,0 kg m.a./ha)**, en preemergencia de las malas hierbas. En el cultivo con **mínimo laboreo**, las malas hierbas se controlaron igual que en no-laboreo, realizando a final de invierno una única labor anual en el centro de las calles, dejando una banda sin labrar de 3,5 m de ancho bajo la copa de los olivos. El abonado, dotación de agua y tratamientos fitosanitarios fue idéntico en todos los olivos del ensayo.

Tabla 1: Ensayo de sistemas de cultivo en olivar con riego por goteo. Finca San Francisco (Puente Genil - Córdoba).

AÑO	PRODUCCIÓN (kg/olivo)			RENDIMIENTO GRASO (%)		
	L	N L	L M	L	N L	L M
1987	24.88	24.68	25.62	22.9	23.8	23.4
1988	33.77	36.23	40.13	20.4	20.3	20.1
1989	16.84	19.13	11.96	23.5	20.2	23.9
1990	43.31	49.18	51.89	24.5	23.8	23.6
1991	28.91	32.11	26.88	21.4	23.5	24.4
1992	44.99	50.97	54.84	17.1	17.7	18.8
1993	27.47	28.41	23.48	19.7	18.6	19.6
<b>MEDIA</b>	<b>31.45</b>	<b>34.39</b>	<b>33.54</b>	<b>21.1</b>	<b>21.1</b>	<b>21.6</b>

L = laboreo; N L = no laboreo con suelo desnudo; L M = laboreo mínimo.

En la **Tabla 1** presentamos las producciones y rendimientos grasos obtenidos anualmente en el ensayo, observándose que se obtuvo una producción mayor en los sistemas de no-laboreo y mínimo laboreo, con rendimientos grasos muy similares a los del cultivo tradicional.

Considerando estos resultados, podemos decir que también en regadío **los sistemas de laboreo reducido son los más interesantes**, ya que facilitan el manejo de la plantación y el sistema de riego, proporcionando unos sugerentes aumentos de la producción. En nuestro ensayo, el aumento medio de producción fue de un 9 %, equivalente a **838 kg/ha y año**, lo que al precio actual del aceite supone un aumento en el beneficio de unas 100.000 pts/ha.

### VI.3.- RECOMENDACIONES SOBRE EL MANEJO DEL SUELO EN OLIVARES REGADOS POR GOTEO

Teniendo en cuenta los datos presentados anteriormente, pensamos que los sistemas de cultivo en los olivares de riego por goteo deben tener en común la aplicación de la técnica de no-laboreo bajo la copa de los olivos, a lo largo del trazado de las tuberías portagoteros, aplicando un herbicida residual en pre-emergencia para controlar totalmente las malas hierbas en esta zona. En el centro de las calles las alternativas son diversas:

- a) no-laboreo
- b) mínimo laboreo
- c) cubierta vegetal con siega química al final del invierno.

En los olivares cultivados en suelos en pendiente la tercera de las alternativas es la más aconsejable, ya que permitirá un adecuado control de la erosión. En terrenos relativamente llanos son recomendables los sistemas de **no-laboreo** y **mínimo laboreo**. Teniendo en cuenta que casi nunca las fincas son homo-

géneas, la solución ideal podría ser la combinación de varias de las alternativas propuestas.

Muchos agricultores entierran sus tuberías de riego a gran profundidad para poder realizar las labores de forma tradicional. Esta práctica, muy extendida en la provincia de Jaén, encarece innecesariamente las instalaciones, además de causar un grave daño a las raíces de los árboles durante la operación de enterrado de las tuberías. Solo se justifica esta práctica en el caso en que pudieran existir daños de roedores a la instalación.

Cuando se emplean materiales de riego de buena calidad, pueden dejarse las tuberías en la superficie del terreno, aplicando en este caso técnicas de no-laboreo, que como se vio influyen positivamente, incluso en regadío, sobre la producción del olivar.

#### VI.4.- EMPLEO DE HERBICIDAS EN OLIVARES REGADOS POR GÓTEO

La problemática de control de las malas hierbas en los olivares con riego, sin recurrir al laboreo, es diferente a la del olivar de secano, ya que existen dos zonas totalmente diferenciadas. Una zona sobre la que no se aplica agua de riego, la mayoría de la parcela, que exige un tratamiento similar al de un *secano convencional*, y una zona, muy reducida en extensión, en la que se aplica la totalidad del agua de riego, que como es natural exige un tratamiento específico.

En la zona de secano predominan las malas hierbas de invierno. En este caso existen dos soluciones para un control eficaz de la vegetación:

a) aplicación en otoño y en preemergencia de las malas hierbas de herbicidas residuales (*simazina, diuron o simazina+diuron*),

b) aplicaciones de invierno de la mezcla de un herbicida residual y uno de postemergencia (*simazina + glifosato, simazina + ATA, o simazina + glifosato + MCPA*, por ejemplo) cuando las hierbas ya han emergido y tienen un pequeño desarrollo.

Sin embargo, los mayores problemas surgen en la zona regada, a pesar de su pequeña extensión, ya que además de la flora de invierno, que es similar a la de los secanos, en primavera y verano aparece la flora típica de los cultivos de regadío cuyo control es más difícil:

a) porque pueden aparecer malas hierbas que sean relativamente resistentes/tolerantes a los herbicidas residuales, lo que afortunadamente acontece en escaso número de ocasiones;

b) porque las malas hierbas emergen cuando la cantidad de residuos de herbicida en el suelo es muy pequeña, debido a su degradación por los microorganismos del suelo, lo que es normal que se produzca en años de otoños húmedos y cálidos, en especial cuando se han aplicado los mismos herbicidas durante varios años;

c) porque la germinación de las malas hierbas es muy escalonada, por lo que su control obliga a continuas aplicaciones cuando solamente se aplican herbicidas de postemergencia sin efecto residual.

En los programas de escarda de los olivares de regadío pensamos que **diurón** es un herbicida muy interesante, ya que su acción es totalmente complementaria a la de **simazina**, ya que además de controlar muy bien las especies de verano (cenizos, tomatitos, etc.), controla muy bien especies de invierno que escapan a **simazina** (ballico por ejemplo). En suelos ácidos o arenosos, **diurón** es totalmente imprescindible, ya que controla una gama de malas hierbas (vina-grillos por ejemplo), muy frecuentes en estos suelos, que nunca van a poder ser controladas por **simazina**.

En plantaciones adultas de regadío y teniendo en cuenta la experiencia adquirida durante años, pensamos que en no-laboreo deberían alternarse anualmente dos programas de escarda diferentes:

Año 1: aplicación en otoño en toda la superficie del terreno y en preemergencia de las malas hierbas, de una mezcla de **simazina + diurón** a una dosis de 2+2 kg/ha.

Año 2: esperar a que con las lluvias de otoño emerjan las malas hierbas, realizando en noviembre/diciembre una aplicación de herbicida residual + herbicida de postemergencia (**simazina + glifosato; simazina + glifosato + MCPA; diflufenican + glifosato; etc**), aplicando en primavera (marzo) a lo largo de la tubería portagoteros, y en especial bajo la copa de los olivos el herbicida **diurón**, antes de que se produzca la emergencia de las malas hierbas de ciclo primavera/verano.

En plantaciones muy jóvenes no deben emplearse **simazina y diurón** a las dosis recomendadas hasta que la plantación no tenga al menos tres años de edad. En estos primeros años las soluciones pueden ser diversas:

a) Aplicar repetidamente herbicidas de postemergencia sobre malas hierbas muy poco desarrolladas, lo que permite rebajar las cantidades totales empleadas anualmente.

b) Aplicar dos veces al año una mezcla de **glifosato + oxifluorfen** (0,72 + 0,50 kg/ha) en postemergencia, mezcla que tiene un poder residual interesante.

c) Fraccionar la dosis anual de **simazina y diurón** en dos aplicaciones, lo que permite reducir los riesgos de fitotoxicidad para los olivos jóvenes.

Otro problema adicional en los olivares de regadío es la vegetación de verano compuesta por especies perennes que se desarrollan en los bulbos o zonas humedecidas por los goteros. Es el caso de la grama, lastón, cañota, juncia, corregüela, etc., especies que son muy poco sensibles a herbicidas residuales, o que escapan a su acción al tener sus raíces muy profundas. Se recomienda el tratamiento localizado de la zona infestada empleando un pulverizador de mochila.

Para el control de las hierbas de hoja estrecha (**grama, cañota, juncia o lastón**) la mejor solución es emplear **glifosato o sulfosato** a una dosis de 2,16 kg/ha en pulverización **a bajo volumen** (menos de 100 l/ha), cuando las hierbas estén en plena floración.

Contra especies perennes herbáceas de hoja ancha (corregüelas fundamentalmente) el **glifosato** (2,16 kg/ha), **glifosato + MCPA** (1,08+1,08 kg/ha) o **fluroxipir** (0,30 kg/ha) aportan soluciones muy satisfactorias.

Contra especies leñosas (**esparraguera, lentisco, espino, coscoja**, etc) es necesario emplear **glifosato + MCPA** (1,08 + 1,08 kg/ha), o **MCPA** solamente (2,4 l/ha), añadiendo un aceite parafínico o un aceite de verano si no se encuentra el anterior en el mercado, lo que aumenta la eficacia al mejorar la absorción y la retención del caldo herbicida por las hojas de la mala hierba. El lentisco, espino, coscoja son también aceptablemente controlados por **fluroxipir** (0,4-0,6 kg/ha).

Los **combrillos** o **pepinillos del diablo** constituyen uno de los problemas más graves en las nuevas plantaciones con riego por goteo. La única solución, es realizar aplicaciones localizadas utilizando un pulverizador de mochila, empleando **fluroxipir** a una dosis de 0,5 kg/ha, repitiendo el tratamiento después del primer rebrote de la mala hierba, siendo suficiente normalmente con dos aplicaciones para agotar sus reservas, y causar la muerte de la planta.

Cuando aparezcan otro tipo de malas hierbas, puede y debe consultarse con un buen especialista en la materia. Seguramente existen otras soluciones igual o mejor que las que hemos presentado. En la actualidad casi siempre existen soluciones para controlar las malas hierbas sin necesidad de recurrir al laboreo.



**Fotografía 1:** El mayor problema que puede plantear la herbicación es la emergencia de malas hierbas en los bordes del bulbo húmedo, en las zonas a las que no ha llegado el herbicida tras su aplicación a través de la red de riego. Obsérvese la zona central del bulbo totalmente libre de malas hierbas, mientras que en los bordes se localizan plantas de *Datura stramonium* y *Amaranthus blitoides*. El herbicida aplicado fue Tiazopir a una dosis de 1,92 kg/ha.



**Fotografía 2:** Olivar joven con riego por goteo, en cuyos pies crecen matas muy vigorosas de combrillos o pepinillos del diablo. Esta mala hierba perenne es muy difícil de controlar. Solamente pulverizaciones localizadas de fluroxipir pueden resolver satisfactoriamente el problema. Es necesario hacer dos aplicaciones.

#### **VI.5.- APLICACIÓN DE HERBICIDAS A TRAVÉS DE LA INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO (*HERBIGACIÓN*).**

Como se dijo anteriormente, en los *bulbos húmedos* suelen implantarse poblaciones de malas hierbas que han escapado a la acción de los herbicidas. Se trata de una pequeña superficie, muy repartida a lo largo y ancho de la parcela, entre 300 y 600 puntos por hectárea en un olivar tradicional, en los que el desarrollo de la hierba es exuberante. En este caso las aplicaciones a todo el terreno serían carísimas, y los tratamientos localizados sobre los puntos infestados consumirían una gran cantidad de mano de obra.

Una solución viable podría ser la distribución a través de la instalación de riego, igual que se hace con los fertilizantes. Esta práctica es empleada con cierta frecuencia en el cultivo de los agrios (**Gómez de Barreda, 1994**), y basándonos en esta experiencia hemos tratado de ponerla a punto en el cultivo del olivar. Aunque no se tiene una gran experiencia en olivar, la aplicación de herbicidas residuales a través de los goteros plantea una problemática especial, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista legal, presentando el sistema diversas ventajas e inconvenientes que exponemos a continuación:

##### **Ventajas:**

a) **Actuación rápida**, en pocos minutos el herbicida llega desde los inyectores al suelo, siendo muy reducido el tiempo de tratamiento.

b) **Economía en la aplicación**, una vez disuelto el producto en una pequeña cantidad de agua en el tanque de inyección, ya no existe más mano de obra para realizar las aplicaciones.

c) **No se necesita maquinaria**, empleándose la misma instalación que se utiliza para aportar los fertilizantes, lo cual es normal en todas las modernas instalaciones de riego por goteo.

d) **No es necesaria la mezcla de herbicidas de dudosa compatibilidad**, ya que el tiempo de aplicación puede ser muy corto, lo que permite la aplicación de forma independiente de los diferentes productos.

e) **Independencia de la existencia de viento**, factor que en muchas épocas del año o en muchas zonas impide la realización de los tratamientos en el momento oportuno.

### **Inconvenientes**

a) Es necesaria una **gran uniformidad de riego**, necesidad que es ineludible en *herbigación*, teniendo en cuenta que los herbicidas residuales solo son selectivos para el cultivo a unas determinadas dosis. En caso de una mala uniformidad tendríamos por un lado zonas en las que aplicaríamos una dosis insuficiente, y otras en las que la dosis suministrada podría ser fitotóxica. La instalación de goteros autocompensantes con una uniformidad próxima al 100 % parece imprescindible para obtener unos buenos resultados.

b) los herbicidas pueden ser arrastrados en el bulbo en profundidad a la zona de mayor actividad radicular, y puestos en contacto con las raíces, por lo que si la selectividad no es la adecuada, podrían existir problemas de fitotoxicidad para el olivo. Por esta razón deben respetarse las normas de utilización que damos a continuación, no empleándose otros herbicidas que los que aquí expresamente se recomiendan.

c) Existen relativamente pocos herbicidas útiles para ser aplicados empleando esta técnica. En la **Tabla 2** damos una información útil a la hora de tomar decisiones sobre el tipo de herbicidas a emplear en *herbigación*. Los herbicidas más interesantes se mueven insuficientemente por la superficie del bulbo, sin cubrir la totalidad de la zona mojada, por lo que se instalan malas hierbas en los límites del bulbo, produciéndose infestaciones en círculo, quedando la parte central del bulbo sin malas hierbas, pero en los bordes alcanzan un gran desarrollo, por lo que el control puede resultar totalmente insatisfactorio.

d) Es necesario ajustar la dosis y calibrar perfectamente el sistema de riego, ya que el principio de *herbigación* aumenta la actividad de los herbicidas, permitiendo reducir las dosis. Debe evitarse que existan roturas o goteros en mal funcionamiento, ya que la acumulación de agua cargada de herbicida puede causar problemas de fitotoxicidad para el cultivo.

e) Los herbicidas no están autorizados específicamente para ser empleados en *herbigación* en olivar, aunque sí lo estén para otros usos en este cultivo. Por esta razón, y a pesar de su selectividad, debe ser el empresario el que decida su utilización, una vez conocidas sus ventajas e inconvenientes.

Tabla 2: Modo de acción, comportamiento en el suelo y forma de empleo de las herbicidas.

HERBICIDA	MODO DE ACCION		COMPORTAMIENTO EN SUELO		FORMA DE EMPLEO MAS FRECUENTE	MOVIMIENTO EN LA PLANTA	APTITUD PARA HERBIGACION
	Residual	Contacto	Traslocación (vía floema)	Adsorción Persistencia			
Sirmazina	***	0	0	# # #	Preemergencia	▲	Apropiado (1)
Terbutilazina	**	0	*	# #	Post-temprana	▲	Se desconoce
Diuron	***	*	0	# # #	Preemergencia (2)	▲	Apropiado
Diquat	0	***	0	+ + + +	Postemergencia	0	No apropiado
Paraquat	0	***	*	+ + + +	Postemergencia	0	No apropiado
M.C.P.A.	*	0	***	+	Postemergencia	▼	No apropiado
Fluroxipir	*	0	***	+	Postemergencia	▼	No apropiado
Aminotriazol	*	0	***	#	Postemergencia	▲▼	No apropiado
Glifosato	0	0	***	+ + + +	Postemergencia	▲▼	No apropiado
Sulfosato	0	0	***	+ + + +	Postemergencia	▲▼	No apropiado
Glufosinato	0	***	*	+ + + +	Postemergencia	0	No apropiado
Oxifluorfen	**	**	0	+ + + +	Preem-Postem.	0	Apropiado (1)
Tiazopir	***	0	0	+ + + +	Preemergencia	0	Apropiado
Norfurazona	***	0	0	+ + + +	Preemergencia	▲	Apropiado
Diflufenican (3)	**	**	0	+ + + +	Post-temprana	0	No apropiado

MODO DE ACCION: (0) nula; (\*) débil; (\*\*) importante; (\*\*\*) muy importante.

ADSORCION: (+) débil; (+ +) moderada; (+ + +) importante; (+ + + +) muy importante.

PERSISTENCIA EN SUELO: (0) nulo; (#) mediana; (##) pocos meses; (###) más de 4 meses.

MOVIMIENTO EN LA PLANTA: (▲) ascendente-xilema; (▼) descendente-floema; (▲▼) ascendente-descendente; (0) sin movimiento en la planta.

(1) Pero existe un movimiento insuficiente en el bulbo húmedo (< 30 cm) que es insuficiente.

(2) Efecto de contacto cuando se hace una aplicación en postemergencia muy temprana, siempre que se añada un mojanete.

(3) En el mercado solamente se encuentra formulado en mezcla con glifosato.

Aunque la información escrita sobre la aplicación de herbicidas en olivar a través de la instalación de **goteo** es escasa, en los últimos años hemos obtenido resultados satisfactorios aplicando **tiazopir** y **diuron** (Pastor y Valera, 1992), herbicidas que han mostrado ser muy selectivos para el cultivo en este tipo de aplicaciones. La mezcla de estas dos materias se ha mostrado también muy satisfactoria y recomendable para controlar una gran gama de malas hierbas.

La **norflurazona** nos está proporcionando también unos buenos resultados en el control de malas hierbas gramíneas perennes (grama, lastón o cañota) y de la juncia incluso cuando ya están emergidas y con un buen desarrollo. En los ensayos que hemos realizado la eficacia en herbigación sobre especies de hoja ancha (cenizos fundamentalmente) se ha mostrado insuficiente, por lo que recomendamos la mezcla con **diuron**.

### Práctica de la **herbigación** en el olivar

En un olivar con riego por goteo la aplicación de la técnica de **herbigación** debe comenzar con una aplicación convencional de **diuron** a principio de primavera, en una franja de al menos dos metros de ancho, a lo largo de la tubería de goteo, lo que mantendrá limpia de malas hierbas esta zona durante un tiempo. Más tarde, a comienzo de verano, cuando emerjan las primeras plántulas de malas hierbas, y cuando estas estén **MUY POCO DESARROLLADAS**, pueden inyectarse herbicidas a través de la instalación. En la **Tabla 2** damos información de las posibilidades que presentan los diferentes herbicidas para ser empleados en herbigación.

El correcto manejo de la técnica de **herbigación** es bastante sencilla, pero deben observarse meticulosamente la recomendaciones que damos a continuación. Secuencialmente el procedimiento es el siguiente:

1º) Es fundamental comenzar con la aplicación de un riego muy abundante que permita hacer un *bulbo húmedo* de gran tamaño.

2º) Determinar el radio medio de la superficie mojada ( $R$ ) y calcular la superficie ( $S$ ) considerando que la mancha es circular, mayorando el radio en 15 cm. Para ello se medirán unos 50 *bulbos húmedos* tomados al azar en el conjunto de la parcela a herbigar, determinándose el radio medio del bulbo.

3º) Calcular el número de puntos húmedos por hectárea ( $N$ ).

4º) Decidir el herbicida o herbicidas a emplear (**Tabla 2**), fijando las dosis a aplicar ( $D$  g/ha).

La cantidad de herbicida a aplicar con el agua de riego será:

$$\frac{N \times 3,14 \times (R + 0,15)^2 \times D \text{ (gramos)}}{10.000}$$

5º) Debe aplicarse la dosis total de herbicida, utilizando una bomba inyectora de pistón, realizando la aplicación durante la última hora de riego, dedicando los primeros 30 minutos a la aplicación del herbicida, limpiando a continuación la instalación, regando con agua limpia durante los 30 minutos restantes. La dosis total de herbicida se diluirá en la cantidad máxima de agua que nuestra bomba inyectora pueda aplicar en 30 minutos.

El siguiente ejemplo ilustra el cálculo a realizar para la determinación de la cantidad de herbicida a inyectar en cada tratamiento de **herbigación**.

Si pretendemos aplicar una dosis de **diurón** de 2,5 kg/ha de producto comercial en un olivar de 30 hectáreas con densidad de plantación de 80 olivos/ha en la que hay instalados 4 goteros por olivo, y si el diámetro de las manchas húmedas es de 1 metro, la cantidad total de producto a aplicar a través de la instalación será la siguiente:

$$\frac{30 \text{ has} \times 80 \text{ ol/ha} \times 4 \text{ goteros} \times 3,14 \times (0,5 + 0,15)^2 \text{ m}^2 \times 2.500 \text{ gr/ha}}{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 3.168 \text{ gramos}$$

equivalentes a 0,33 g/gotero; 1,32 g/olivo; ó 106 gramos/ha.

Para los tres herbicidas que mejores resultados nos han proporcionado en herbigación, diurón-norflurazona-tiazopir, recomendamos una dosis orientativa de 0,25-0,30 g por gotero y aplicación, siendo aconsejable la mezcla de dos de estas materias para obtener una gama de control mucho más amplia.

Estos tratamientos resultan ser bastante baratos y efectivos, debido a las bajas dosis empleadas por hectárea y al reducido coste de aplicación. Como es natural, cada vez que se observe la emergencia de nuevas plántulas de malas hierbas, debería de repetirse la aplicación. Nuestra experiencia nos muestra que dos aplicaciones anuales pueden ser suficientes para mantener los *bulbos* limpios de malas hierbas.

## VI.6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, J., FERNÁNDEZ, J., FERNÁNDEZ, E., DE HARO, S., MARAÑÉS, A., RODRÍGUEZ, T. (1995). El olivar Jiennense. Colección Pérez de Moya. Ed. *Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Jaén*.

GÓMEZ DE BARREDA, D. (1994). Sistemas de manejo del suelo en Citricultura. Tratamientos Herbicidas. Ed. *Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació*.

PASTOR, M. (1990). El no-laboreo y otros sistemas de laboreo reducido en el cultivo del olivar. *Comunicaciones Agrarias de la Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Serie Producción Vegetal, N° 8*.

PASTOR, M., VALERA, A. (1992). Primeros resultados de un ensayo sobre la utilización de Tiazopir a través de la instalación de riego por goteo. *Actas del Congreso 1992 de la Sociedad Española de Malherbología. Lleida*. 263-268.

PASTOR, M., CASTRO, J., HUMANES, M<sup>º</sup> D. (1996). La erosión y el olivar. Ficha Técnica N° 2. Ed. *Asociación Española Laboreo de Conservación/Suelos Vivos*.

Tabla 3: Nombres científicos de las malas hierbas que se mencionan en el texto con sus nombres vulgares.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
Cenizos	<i>Amaranthus albus</i>
	<i>Amaranthus blitoides</i>
	<i>Amaranthus retroflexus</i>
	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Chenopodium vulvaria</i>
	<i>Chorozophora tinctoria</i>
	<i>Conyza spp.</i>
Tomatitos	<i>Solanum nigrum</i>
Ballico	<i>Lolium rigidum</i>
Vinagrillo	<i>Rumex bucephalophorus</i>
Gramma	<i>Cynodon dactylon</i>
Lastón	<i>Piptatherum miliaceum</i>
Cañota	<i>Sorghum halepense</i>
Juncia	<i>Cyperus rotundus</i>
Corregüela	<i>Convolvulus arvensis</i>
	<i>Convolvulus althaeoides</i>
Esparraguera	<i>Asparagus acutifolius</i>
Lentisco	<i>Pistacia lentiscus</i>
Espino	<i>Crataegus monogyna</i>
Coscoja	<i>Quercus coccifera</i>
Combrillos o Pepinillos del diablo	<i>Ecballium elaterium</i>

P. V. P. 1.200 Ptas.

