

49/98

INFORMACIONES TÉCNICAS

# PROGRAMACIÓN DEL RIEGO Y DE LA FERTILIZACIÓN EN OLIVARES DE LA PROVINCIA DE JAÉN



COMUNIDAD EUROPEA



Consejería de Agricultura y Pesca

**PROGRAMACIÓN DEL  
RIEGO Y DE LA  
FERTILIZACIÓN EN  
OLIVARES DE LA  
PROVINCIA DE JAÉN**

© Edita: JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca  
Publica: Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Servicio de Publicaciones y Divulgación  
Cofinancia: Caja Rural de Jaén  
Colección: Informaciones Técnicas 49/98  
Autores: Miguel Pastor, Francisco Orgaz, Victorino Vega, Javier Hidalgo, Juan Castro, Juana Nieto, José Aguilar,  
Emilia Fernández, Juan Morales, Lourdes Soría  
Fotografía e Ilustraciones: Autores  
I.S.B.N.: 84 - 89802 - 30 - 0  
Depósito Legal: SE. 1.431 - 98  
Fotocomposición e Impresión: J. de Haro Artes Gráficas, S. L. Parque Ind. P.I.S.A. Mairena del Aljarafe • Sevilla

## ÍNDICE

### PROGRAMACIÓN DE RIEGO

1.- INTRODUCCIÓN .....	11
2.- NECESIDADES DE RIEGO PARA MAXIMA PRODUCCION .....	13
2.1.- Ejemplo de cálculo de las necesidades de agua para máxima producción .....	17
3.- RIEGO EN CONDICIONES DE BAJA DISPONIBILIDAD DE AGUA .....	21
3.1.- Ciclo del olivo con relación al contenido de agua en el suelo .....	23
3.2.- Riego en otoño-invierno .....	23
3.3.- Riego continuado con bajas dotaciones de agua .....	25
4.- SISTEMAS DE RIEGO A UTILIZAR Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES .....	29
4.1.- Manejo de las instalaciones de riego .....	31
4.2.- Manejo del cultivo en condiciones de regadío .....	31

### PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN

1.- OBJETIVO DE LA FERTILIZACIÓN .....	35
2.- CRITERIOS PARA LA PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN EN OLIVAR ...	35
3.- MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO Y PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ...	38
3.1.- Método de diagnóstico .....	38
3.2.- Análisis de suelos .....	39
3.3.- Análisis de hojas .....	40
3.4.- Interpretación de los análisis foliares .....	41
4.- RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE EL ABONADO DEL OLIVO .....	43
4.1.- Nitrógeno .....	43
4.2.- Fósforo .....	45
4.3.- Potasio .....	46
4.4.- Otros elementos .....	50
4.4.1.- Boro .....	51
4.4.2.- Hierro .....	51



4.4.3.- Calcio .....	54
4.4.4.- Magnesio .....	55
4.4.5.- Manganeso .....	55
4.4.6.- Sustancias húmicas .....	56
<b>5.- APLICACION PRACTICA DE TECNICAS DE PROGRAMACION DE LA FERTILIZACION A NIVEL COMARCAL .....</b>	<b>56</b>
5.1.- Aplicación a la comarca de La Loma.....	57
5.1.1.- Planteamiento del trabajo.....	57
5.1.2.- Características de los suelos de olivar de la comarca y su implicación en la fertilización .....	58
5.1.3.- Estado nutritivo de las plantaciones de olivar de la comarca.	60
5.1.4.- Recomendaciones de abonado en la comarca .....	63
5.2.- Aplicación a la comarca del sector este de Sierra Morena.....	64
5.2.1.- Planteamiento del trabajo.....	65
5.2.2.- Caracterización de los suelos.....	66
5.2.3.- Conclusiones relativas a los suelos .....	76
5.2.4.- Estado nutritivo de las plantaciones de olivar y recomendaciones de abonado para la comarca .....	77

## **PROGRAMACIÓN DEL RIEGO Y DE LA FERTILIZACIÓN EN OLIVARES DE LA PROVINCIA DE JAÉN**

### **PRESENTACIÓN**

Aunque el olivar es un cultivo tradicional de secano, responde eficazmente al riego, siendo uno de los cultivos que en mayor medida rentabiliza social y económicamente las aportaciones de agua, empleando una gran cantidad de mano de obra por cada metro cúbico de agua aportada.

Sin embargo, durante el largo periodo de sequía padecida en Andalucía, el olivar ha accedido al regadío, en un momento en el que el agua de la cuenca estaba ya comprometida para otros usos. Esto unido al déficit estructural que presenta la Cuenca, ha generado un conflicto de intereses entre los regantes de la cuenca alta y baja del Guadalquivir. Por esta razón es de gran importancia el óptimo aprovechamiento de los escasos recursos disponibles, lo que permitirá obtener el máximo beneficio por volumen de agua aplicado, y por otro lado regar una máxima superficie con las cantidades de agua disponibles.

Desde 1992 el Departamento de Olivicultura y el Instituto de Agricultura Sostenible, han realizado conjuntamente trabajos de investigación sobre distintas estrategias de riego en olivar, trabajos que muestran las enormes posibilidades que ofrecen algunas de ellas sobre todo las que combinan el óptimo aprovechamiento del agua de lluvia con las aportaciones de agua de riego de forma continua y constante para cubrir las necesidades del cultivo.

Por otro lado también interesa el empleo correcto de los demás factores de producción, en especial en el marco de una olivicultura sostenible, empleando solamente aquellos insumos que sean estrictamente necesarios y en la cantidad justa, lo que reducirá los costes de cultivo y la posible la contaminación ambiental. Los agricultores, tratando de optimizar sus producciones, emplean cantidades de fertilizantes en algunas ocasiones muy superiores a las demandadas por el cultivo. Sin embargo, existen evidencias experimentales que muestran que el factor que limita la productividad del olivar es el agua y no la fertilización.

Por estas razones parece lógica la presente publicación en la que se muestra al sector el avance tecnológico en las mencionadas prácticas de cultivo, consecuencia de los trabajos de investigación realizado por la Consejería de Agricultura (Proyectos

INIA, PIR, RAEA, Concertación, etc), así como una reflexión sobre el porvenir de los regadíos de olivar de la provincia de Jaén. Además se presentan igualmente al Sector los trabajos sobre fertilización y riego realizados en colaboración con la Caja Rural de Jaén, en los que ha participado de forma eficaz el Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada.

**Francisco Nieto Rivera**  
Director General de Investigación  
y Formación Agraria

## **PROGRAMACIÓN DE RIEGO**

**Miguel Pastor (\*)**  
**Francisco Orgaz (\*\*)**  
**Victorino Vega (\*)**  
**Javier Hidalgo (\*)**  
**Juan Castro (\*)**

(\*) Departamento de Olivicultura. Córdoba. Consejería de Agricultura y Pesca.

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



## 1.- INTRODUCCIÓN

Aunque el olivo se ha cultivado tradicionalmente en secano en la mayoría de las regiones de la cuenca mediterránea, obteniéndose en estas condiciones producciones aceptables, responde muy favorablemente a las aportaciones de agua de riego, en especial cuando estas se hacen en momentos críticos o en años de muy baja pluviometría.

En Andalucía existía tradicionalmente una cierta superficie de olivar regado, pero es en los años noventa y en pleno período de sequía cuando muchos olivareros, tratando de salvar la rentabilidad de sus explotaciones, deciden la transformación en regadío de una importante superficie de olivar, especialmente en algunas comarcas de la provincia de Jaén, muy afectadas por la falta de lluvias. La iniciativa privada invirtió en esta empresa muchos de sus ahorros y de los ingresos generados por la ayudas a la producción de aceite de oliva, tras la adhesión a la UE.

Sin embargo, estas transformaciones en regadío agravaron aún más el problema legal del reparto del agua en la Cuenca del Guadalquivir, planteándose la necesidad urgente de generar nuevos recursos hídricos, dándose la circunstancia de que a lo largo del año y especialmente en épocas lluviosas, muchos hectómetros cúbicos de agua van a parar al Atlántico, sin que sean aprovechados, siendo probablemente el océano el máximo consumidor de agua en la cuenca.

La productividad del agua de riego en el cultivo del olivo es superior en términos socioeconómicos a la de la mayoría de los cultivos tradicionales de regadío, permitiendo este cultivo obtener un máximo beneficio económico y un máximo empleo de mano de obra por unidad de volumen de agua aplicado.

Ante la situación de déficit estructural en la cuenca, se hacen imprescindibles las medidas destinadas a incrementar la productividad del agua aplicada en los regadíos, y en nuestro caso la del olivar. La mayoría de los estudios coinciden en afirmar que la máxima productividad del agua se alcanza cuando las dotaciones de riego se aproximan a las necesidades máximas de los cultivos.

Una vez aceptada la realidad de las 150.000 hectáreas de olivar cultivado bajo riego en Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 1995), debemos plantearnos cuál debe ser la mejor forma de manejar los escasos recursos disponibles, en armonía con todos los usuarios del agua y de acuerdo con el Organismo Regulador de la Cuenca.

Aunque en los últimos 5 años se está realizando por parte de los Organismos Públicos de Investigación (Departamento de Olivicultura de la Consejería de Agricultura y Pesca, C.S.I.C. y Universidad de Córdoba) un esfuerzo coordinado muy importante para optimizar y racionalizar el manejo del agua en el olivar, la peculiaridad del cultivo hace que no estén definidos aún todos los aspectos. Sin embargo, existe ya una serie de conocimientos que deben ser transferidos al Sector Olivarero, lo que podría mejorar la eficiencia del agua y el manejo de las explotaciones olivereras de regadío.

Esta corriente de información no debe conducir únicamente hasta los olivereros, sino que la aplicación de los conocimientos debe hacerse a lo largo de la cadena agricultores-técnicos diseñadores del riego - organismos gestores del agua, lo que a corto plazo acabará posibilitando un adecuado uso y gestión de los escasos recursos disponibles.



**Fotografía 1.-** Estación meteorológica automática instalada en ensayo de estrategias de riego en olivar. Disponer de datos meteorológicos fiables es fundamental para la programación de riegos en olivar.

A la hora de proyectar la transformación en regadío y las pautas de aplicación de los riegos en los olivares ya transformados, se nos pueden plantear diversos interrogantes:

- 1.- Cuales son las necesidades de agua para obtener la máxima producción, y como debe aportarse el agua a lo largo de la campaña de riegos.

- 2.- Qué hacer en situaciones de baja disponibilidad de agua, tanto a nivel de Cuenca como a nivel de explotación.
- 3.- Sistemas de riego a utilizar en cada situación de disponibilidad de agua y su diseño.
- 4.- Necesidad de modificación de las prácticas tradicionales de cultivo en secano cuando se hace la transformación en regadío, y qué prácticas pueden ayudar a maximizar la eficiencia en el uso del agua.

En cualquier caso diremos una vez más que siempre hay que tener en cuenta las peculiares características del olivo, especie que ha evolucionado durante siglos para adaptarse a las condiciones de clima mediterráneo, zona de la que es originario. A las características de la planta debemos adaptar las aportaciones de agua, en especial cuando estas no cubran las necesidades óptimas del cultivo, lo que ocurre en la mayoría de las situaciones. Igualmente es fundamental tener en cuenta las características de los suelos y de la climatología de cada zona, ya que de ellas dependerán igualmente las dotaciones y estrategias a utilizar en nuestros regadíos. En ningún caso deberían dictarse normas genéricas globales para la totalidad del olivar de la cuenca.

## 2.- NECESIDADES DE RIEGO PARA MÁXIMA PRODUCCIÓN

El olivo, como todas las plantas superiores funciona como una fábrica de asimilados, en cuyos laboratorios (las hojas) se utiliza la energía solar, el CO<sub>2</sub> atmosférico y el agua del suelo para producir biomasa (madera, ramas, raíces, tallos, nuevas hojas y frutos) mediante fotosíntesis. Para permitir la entrada del CO<sub>2</sub> en su interior, la planta abre los estomas; mientras, el vapor de agua que está saturando los espacios intercelulares de las hojas se pierde a la atmósfera. Esta pérdida de agua es conocida como transpiración, y es el coste o impuesto que el cultivo debe pagar para producir la biomasa. Este agua debe ser repuesta a los tejidos mediante extracción del suelo por las raíces. Como consecuencia inmediata, si el contenido de agua en el suelo no es suficiente para reponer todas las pérdidas por transpiración, el cultivo sufre un déficit hídrico que altera una serie de procesos, con cierre de los estomas y descenso en la síntesis de asimilados, con una repercusión final negativa sobre la producción.

Desde la superficie del suelo se produce igualmente una importante pérdida de agua por evaporación, proceso que tiene una gran importancia cuantitativa en climas áridos como el nuestro. La suma del agua consumida por la planta en transpiración más el agua evaporada desde el suelo se llama evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), y debe ser satisfecha estacionalmente en su totalidad mediante la lluvia y/o el riego, para que no se vea afectada la producción potencial del cultivo.

En el estado actual de conocimientos, el método más recomendado para el cálculo de la ET<sub>c</sub> es el propuesto por FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), mediante la expresión:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$



en donde ETo, es la denominada evapotranspiración de referencia, que es la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una altura entre 8 y 10 cm que crece sin limitaciones de agua y fertilizantes en el suelo, y sin la incidencia de plagas o enfermedades. La ETo puede estimarse en base a datos climáticos, utilizando fórmulas empíricas, o bien localmente empleando un tanque evaporimétrico (Tanque Clase A), cuya instalación tiene un coste asequible.

En el Valle del Guadalquivir la expresión de Penman-FAO es la que permite estimar ETo con mayor precisión, pero necesita datos meteorológicos diarios fiables de temperaturas, humedad relativa del aire, velocidad del viento y radiación solar, información pocas veces disponible. Sin embargo, la expresión de Hargreaves, que utiliza solamente datos termométricos, empleada promediando valores semanales o mejor aún quincenales, permite estimar ETo con una suficiente precisión como para realizar programas de riego de olivar implantado en suelos con adecuada capacidad de retención y en comarcas en las que no existe influencia marina o vientos dominantes. En estas condiciones, la estimación de ETo con la expresión de Hargreaves puede ser mejor que la obtenida empleando el Tanque Clase A. De cualquier manera la variación estacional ETo tiene una escasa variación interanual, por lo que incluso sería admisible la utilización de valores medios de la zona, ya que otros parámetros, como la lluvia, nos va a dificultar en mayor medida la programación del riego. En la Tabla 1 mostramos, de forma orientativa, datos de valores mensuales de Eto de algunas localidades de Andalucía.

**Tabla 1:** Distribución de los valores medios diarios de ETo (mm/día) en diferentes zonas olivareras de Andalucía aplicando la expresión de Hargreaves.

Localidad	Provincia	Córdoba	Córdoba	Lucena	Córdoba	Montoro	Córdoba	P. Genil	Córdoba	Granada	Granada	Antequera	Malaga	Sevilla	Sevilla	Gibraleón	Huelva	Alcalá Real	Jaén	Andújar	Jaén	Linares	Jaén	Ubeda	Jaén	Jaén	Jaén	Villacarrillo	Jaén
Meses																													
E		1,29	1,37	1,46	1,4	1,15	1,37	1,43	1,29	1,16	1,26	1,35	1,06	1,08	0,91														
F		1,96	2,01	2,09	2,2	1,72	1,74	1,94	1,66	1,61	1,82	1,89	1,64	1,6	1,39														
M		2,83	2,88	3,06	3,08	2,59	2,64	2,8	3,14	2,35	2,71	2,94	2,65	2,46	2,41														
A		4,07	4,09	4,32	3,77	3,51	3,59	3,88	4,46	3,2	3,83	3,83	3,7	3,48	3,49														
My		5,11	5,41	5,52	5,41	4,4	4,82	5,24	5,87	4,26	5,16	5,13	4,77	4,47	4,89														
Jn		6,52	6,34	6,37	6,55	5,7	5,86	6,12	6,25	5,6	6,23	6,53	5,4	5,9	5,71														
Jl		7,17	7,18	6,96	7,05	6,2	6,74	6,81	7,26	6,55	6,94	7,48	6,06	6,41	6,59														
Ag		6,36	6,33	6,04	6,22	5,6	6,03	6,25	6,57	5,9	6,16	6,74	5,35	5,69	5,61														
S		4,62	4,68	4,69	4,43	4,15	4,24	4,71	4,44	4,33	4,37	4,9	3,83	4,06	3,79														
O		2,84	2,9	2,67	2,95	2,66	2,71	2,98	2,51	2,48	2,61	2,87	2,29	2,46	2,31														
N		1,72	1,59	1,86	1,88	1,57	1,65	1,75	1,42	1,5	1,53	1,7	1,23	1,44	1,4														
D		1,15	1,1	1,29	1,28	1,05	1,18	1,27	1,04	1,1	1,1	1,23	0,9	0,97	0,81														
AÑO		1.392	1.400	1.413	1.410	1.299	1.229	1.378	1.402	1.222	1.334	1.422	1.187	1.221	1.200														

El coeficiente  $K_c$  de la ecuación anterior cuantifica el efecto del propio cultivo, y expresa la relación existente entre la evapotranspiración del cultivo cuando este cubre totalmente el suelo y la  $E_{To}$ . Este coeficiente debe ser determinado experimentalmente en condiciones locales. Para el caso particular del olivo cultivado en el Valle del Guadalquivir  $K_c$  no es constante a lo largo del año (Orgaz y Fereres, 1997), variando entre valores máximos en primavera, otoño e invierno ( $K_c = 0,60 - 0,65$ ) y valores mínimos en verano ( $K_c = 0,50-0,55$ ). Esta sensibilidad del olivo a las condiciones ambientales puede estar relacionada con la sensibilidad de sus estomas a variaciones en la humedad relativa del aire (déficit de presión de vapor), cerrando parcialmente los estomas cuando el DPV supera un determinado valor, a pesar de disponer la planta de suficiente cantidad de agua en el suelo.

Las estimaciones de  $E_{Tc}$  mediante la expresión anterior pueden ser válidas para olivares de gran desarrollo y con cobertura del suelo por la copa del árbol superiores al 50%, situación que no se presenta en la mayoría de las plantaciones, en especial en los casos de olivares jóvenes en crecimiento o en olivares adultos con densidades tradicionales. Para coberturas inferiores, la estimación de  $E_{Tc}$  habría que hacerla en base a la expresión:

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_c \times K_r \quad (1)$$

El coeficiente  $K_r$  cuantifica el desarrollo del cultivo. Al no disponerse aún de información para el caso del olivar, este coeficiente reductor  $K_r$  podría estimarse de forma aproximada utilizando la relación que Fereres y col. (1981) encontraron para el almendro:

$$K_r = 2 \times S_c / 100 \quad (2)$$

El porcentaje de suelo cubierto ( $S_c$ ) se calcula en función del diámetro medio de la copa de los olivos de la plantación a regar  $D$  metros y de la densidad de plantación  $N$  (olivos/ha), aplicando la expresión:

$$S_c = \frac{\pi \times D^2 \times N}{4 \times 100}$$

Para olivares con  $S_c$  mayor del 50% se utilizará un  $K_r$  igual a 1.

La dosis calculada mediante la expresión (1) habría que incrementarla en una fracción proporcional a la falta de uniformidad de la aplicación y de la eficiencia del sistema. En el caso en que se empleen aguas salinas, habría que aumentar igualmente las aportaciones de agua para lograr el lavado de las sales (fracción de lavado).

Para las condiciones del Valle del Guadalquivir se obtienen valores muy variables de  $E_{Tc}$  en función de las condiciones locales de clima (demanda evaporativa de la atmósfera) y del tipo de plantación (tradicional intensiva; sistema de poda; volumen de copa, etc.).

Así, en olivares con marcos tradicionales de las zonas frías de Jaén y Granada, en las que la ETo anual alcanza valores entre 1.100-1.200 mm, la ETc puede estimarse en 400-450 mm/año, mientras que en olivares intensivos de las zonas más cálidas, con ETo anual de unos 1.400 mm, la ETc puede llegar a los 700 mm. Igualmente existe una marcada variación estacional, pudiendo oscilar la ETc en una determinada localidad entre valores aproximados de 0,5 mm/día en enero y 2,8 mm/día en julio.

Una vez que hemos calculado las necesidades, el suministro del agua al cultivo se realizará mediante la lluvia y las aportaciones de riego. Empleando una instalación muy bien diseñada, las necesidades de riego vendrían dadas por la expresión:

$$R = ETc - Pe$$

siendo R la cantidad de riego a aportar (mm) y Pe la lluvia efectiva (mm), que es la cantidad de agua de lluvia que se infiltra en el suelo y que queda a disposición de la planta, siendo necesario regar en los periodos secos o en los que a pesar de producirse lluvias ETc es mayor que Pe.

Para la estimación de la fracción de la precipitación que realmente ha sido efectiva después de producirse una lluvia, lo correcto sería medir la variación del contenido de agua en el suelo antes y después dicha lluvia, lo que solo es posible en parcelas experimentales, y no siempre. Existen multitud de métodos para la estimación de Pe, todos ellos son poco exactos, por lo que podría estimarse, a efectos de planificación, con casi igual precisión como el 70% de la lluvia total producida, despreciando las lluvias de escasa intensidad o incluso las ocurridas en verano.

En la mayoría de los cultivos no se tiene en cuenta, a efectos de la programación de los riegos, la cantidad de agua almacenada en el suelo (reserva) durante el periodo lluvioso, agua que se considera como un colchón de seguridad. Sin embargo, en nuestras condiciones es muy recomendable emplear la reserva en la programación de los riegos de olivar, ya que la reserva puede cubrir una fracción muy importante de las necesidades del cultivo (50 - 65%).

Para ello, para la programación del riego a lo largo de la campaña es de suma importancia la cuantificación de la reserva a final del invierno, para la capa de suelo explorada por las raíces del olivo. En este momento ya se habrá producido aproximadamente el 70% de la pluviometría total anual. A partir de este dato, podemos establecer con cierta precisión un programa anual de riego en el que a partir de los datos de ETo, y pluviometría eficaz (Pe), nos planteemos agotar la reserva hasta un nivel denominado de agotamiento permisible (NAP), que podría definirse como el contenido de agua del suelo por debajo del cual es previsible que el cultivo empiece a reducir su tasa de transpiración, y por tanto su crecimiento y producción. EL NAP no tiene un valor único, sino que en función de la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico puede tomar distintos valores, dependiendo del método de riego, de la demanda evaporativa de la atmósfera y del tipo de suelo. Para el caso del olivo el NAP podría estimarse como el 70-75% del agua útil, aplicando la expresión:

$$NAP = 0,75 \times (\text{Capacidad campo-Punto de marchitamiento permanente})$$

Los valores de capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente dependen del tipo de suelo, y en la Tabla 2 el lector podrá obtener valores orientativos para diferentes texturas del suelo.

**Tabla 2:** Capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento permanente (PM) y agua útil de suelos (AU) con textura diferente. Fuente: Castilla y Montalvo (1997).

Textura suelo	Contenido humedad (%peso seco)			
	CC	PM	AU	AU (mm/m)
Arenosa	6-12 (9)*	2-6 (4)	5	85
Franco-Arenosa	10-18 (14)	4-8 (6)	8	120
Franca	18-26 (22)	8-12 (10)	12	170
Franco-Arcillosa	25-31 (27)	11-15 (13)	14	190
Arcillo-Limosa	27-35 (31)	13-17 (15)	16	210
Arcillosa	31-39 (35)	15-19 (17)	18	230

\* Valor medio.

El agua almacenada en el suelo durante la estación húmeda podrá consumirse como complemento al riego a lo largo de la estación, siendo más recomendable programar su consumo en la época de máxima demanda (verano), de modo que los volúmenes de agua manejados por hectárea sean mínimos, lo que permitirá que con un determinado caudal podamos regar una máxima superficie, así como abaratar el coste de las instalaciones de riego.

Como se ha dicho, el suelo tiene una influencia muy importante en la programación del riego cuando pensamos utilizar la reserva, dependiendo esta de su profundidad y de su textura, fundamentalmente. Así, en los suelos arcillosos la reserva utilizable es muy superior a la de los suelos ligeros, por lo que previsiblemente las necesidades de agua de riego en estos suelos deben ser sensiblemente mayores.

## 2.1.- EJEMPLO DE CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA PARA MÁXIMA PRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, vamos a calcular las necesidades de agua de riego de un olivar en la zona de La Loma (Jaén). Suponemos un suelo tipo medio de la comarca, con una capacidad de almacenamiento de agua (agua útil) igual a 210 mm, por lo que la máxima cantidad de agua que podríamos extraer del perfil hasta el NAP sería de unos 157 mm. Suponemos que el cálculo (Tabla 3) lo hacemos para un año medio de 505 mm de pluviometría, con unos valores medios mensuales de ETo y Pe que presentamos en dicha Tabla.

El olivar que vamos a regar está plantado a marco 10x10 m (100 olivos/ha) y el tamaño de los árboles expresado como volumen de copa es 12.000 m<sup>3</sup>/ha. Unos

simples cálculos geométricos considerando el árbol como un casquete esférico con relación diámetro/altura igual a 1,33 nos permiten determinar la superficie de suelo cubierto por la copa del olivo, que en nuestro caso sería de 35,57/m<sup>2</sup>/árbol, por lo que la cobertura sería 3.557 m<sup>2</sup>/ha (=35,57%). Como vimos anteriormente a este valor según la expresión (2) corresponde un Kr = 0,71. En la Tabla 3 mostramos igualmente los valores de Kc recomendados mensualmente para el Valle del Guadalquivir. En una programación para un año concreto, habría que utilizar los valores reales de reserva, determinación a realizar a final de marzo en base a las lluvias realmente acontecidas y a su eficacia. En dicha Tabla calculamos mensualmente las necesidades del cultivo (ETc) utilizando la expresión (1). Una vez deducidos de ETc los valores de Pe conoceremos igualmente las necesidades mensuales de riego, así como el agua teóricamente acumulada en el terreno que constituirá la reserva (cuando Pe>ETc). Tal como se dijo anteriormente, esta reserva puede ser consumida por el olivo solo hasta el NAP en los meses de máximas necesidades. En nuestro caso la reserva útil en el año medio sería de 142 mm, que es algo inferior al NAP (157 mm).

**Tabla 3.** Cálculo de las necesidades de agua para un olivar plantado a marco 10 x 10 m. (100 olivos/ha) con un volumen de copa de 12.000 m<sup>3</sup>/ha en la localidad de Villacarrillo.

	ETo	P. eficaz mm / día	Kr <sup>(1)</sup>	Kc	ETc <sup>(2)</sup> mm/día	ETc - P. eficaz mm/día	Reserva agua suelo mm/mes <sup>(3)</sup>
ENERO	0,86	1,54	0,71	0,65	0,40	1,14	35
FEBRERO	1,40	1,83	0,71	0,65	0,65	1,18	33
MARZO	2,30	1,49	0,71	0,65	1,06	-0,43	13
ABRIL	3,50	1,17	0,71	0,60	1,49	0,33	
MAYO	4,90	0,84	0,71	0,55	1,92	1,08	
JUNIO	5,73		0,71	0,55	2,24	2,24	
JULIO	6,29		0,71	0,50	2,236	2,46	
AGOSTO	5,23		0,71	0,50	1,86	2,05	
SEPTIEMBRE	3,83		0,71	0,55	1,50	1,50	
OCTUBRE	2,28	1,02	0,71	0,60	0,97	-0,04	1
NOVIEMBRE	1,18	1,21	0,71	0,65	0,55	-0,67	20
DICIEMBRE	0,79	1,64	0,71	0,65	0,36	-1,28	40
ANUAL		325			468	295	142

<sup>(1)</sup> Volumen de copa = 12.000 m<sup>3</sup>/ha . Diámetro medio = 6,73 m.  
Superficie cubierta = 35,57 m<sup>2</sup> / olivo = 3.557 m<sup>2</sup>/ha <> 35,5%  
Kr = 2 x Sc / 100 = 2 x 35,5 / 100 = 0,71

<sup>(2)</sup> ETc = Kr x Kc x ETo

<sup>(3)</sup> Reserva = (ETc - P. eficaz) x n.º de días

En la Tabla 4 se hace una programación mensual del riego, contemplándose en ella la posibilidad o no de utilizar la reserva de agua del suelo. Como vemos en dicha Tabla, si no utilizáramos la reserva para regar el olivar del ejemplo sería necesario aportar anualmente 2.954 m<sup>3</sup>/ha, con riegos diarios en el mes de máximas necesidades de 246 l/olivo.día, lo cual obligaría a disponer de un caudal de 0,44 l/s.ha en una instalación en la que se dispusiera de 4 emisores de 4 l/hora por olivo. Normalmente no se dispone de estos caudales, por lo que si aplicamos esta metodología de programación se podría regar una pequeña superficie, y no aprovecharíamos eficiente el agua de lluvia.

**Tabla 4.** Programación del riego en un olivar con 100 olivos/ha y un volumen de copa de 12.000 m<sup>3</sup>/ha en la localidad de Villacarrillo en función de la utilización o no de la reserva de agua acumulada en el suelo durante la estación lluviosa.

	SIN UTILIZAR RESERVA DEL SUELO		UTILIZANDO RESERVA DEL SUELO	
	RIEGO <sup>(1)</sup> l / oliv.día	RESERVA mm	RIEGO <sup>(2)</sup> l / oliv.día	RESERV. DISP mm
ENERO		96		96
FEBRERO		129		129
MARZO		143	105	143
ABRIL	33	143	105	129
MAYO	108	143	105	128
JUNIO	224	143	105	92
JULIO	246	143	105	49
AGOSTO	205	143	105	18
SEPTIEMBRE	150	143	105	0
OCTUBRE		1		1
NOVIEMBRE		21		21
DICIEMBRE		61		61
l / olivo. / año	29.538		22.470	
m <sup>3</sup> / ha . año	2.954		2.247	

<sup>(1)</sup> Riego sin agotar reserva = (ETc - P. eficaz) x S (m<sup>2</sup>/olivo )

<sup>(2)</sup> La reserva se agota solamente hasta el NAP

Otra posibilidad sería utilizar la reserva, programando el riego de modo que empezemos a regar a partir del momento en que hayamos agotado los 142 mm de reserva, hecho que en el año medio se produciría aproximadamente a partir de la última semana del mes junio. Esta forma de regar tiene el inconveniente de demandar unos altos caudales punta en el mes de julio (223 l/día x olivo = 0,44 l/s.ha), ya que este mes es el de máximas necesidades. Pensamos que sería mucho más racional programar una estrategia de riego diario con una moderada dotación durante un largo período de riegos, de modo que el olivo podría satisfacer sus necesidades de agua consumiendo simultáneamente parte del agua de la reserva del suelo y las

aportaciones de riego. En la Tabla 4 mostramos esta segunda posibilidad, planteando la aportación de 105 l/olivo. día en el período marzo-octubre, de modo que a 30 de septiembre hayamos agotado el suelo hasta el NAP. Esta estrategia nos permitiría plantear una dotación anual de agua de 2.247 m<sup>3</sup>/ha, con un caudal continuo de 0,15 l/s.ha, lo que igualmente permite abaratar la instalación al ser necesaria una red de tuberías de diámetro sensiblemente menor.

Hemos planteado este ejemplo para un olivar con volumen de copa de 12.000 m<sup>3</sup>/ha. De acuerdo con la expresión (2), podríamos reducir las necesidades de agua del olivar realizando una poda severa que reduzca el volumen de copa de los árboles, o incluso altere su frondosidad, es decir el índice de área foliar. Así, para dicho olivar y para el supuesto de emplear la reserva disponible a final de invierno, las necesidades anuales de riego en función del volumen de copa serían las siguientes:

Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Riego (m <sup>3</sup> /ha)
8.000	1.155
10.000	1.725
12.000	2.247
15.000	3.015



**Fotografía 2:** Olivar intensivo muy productivo regado por goteo en la localidad de Villacarrillo en la provincia de Jaén. El marco empleado es 7 x 7 m (200 olivos/ha).



Por otro lado, la densidad de plantación del olivar puede influir igualmente sobre las necesidades de agua. Para un mismo volumen de copa por hectárea densidades mayores pueden proporcionar una mayor cobertura del terreno, por lo que en la expresión (1) habría que aplicar un valor de  $K_r$  sensiblemente mayor, tal como se calcula a partir de (2), resultando de este modo unas mayores necesidades de agua de riego. Así, para las citadas condiciones agrometeorológicas, y en función del volumen de copa y de densidades de plantación (100 y 200 olivos/ha), las necesidades de riego para un olivar adulto podrían ser las siguientes:

Volumen de copa (m <sup>3</sup> /ha)	Riego (m <sup>3</sup> /ha)	
	100 ol/ha	200 ol/ha
8.000	1.155	1.575
10.000	1.725	2.215
12.000	2.247	2.795
15.000	3.015	3.575

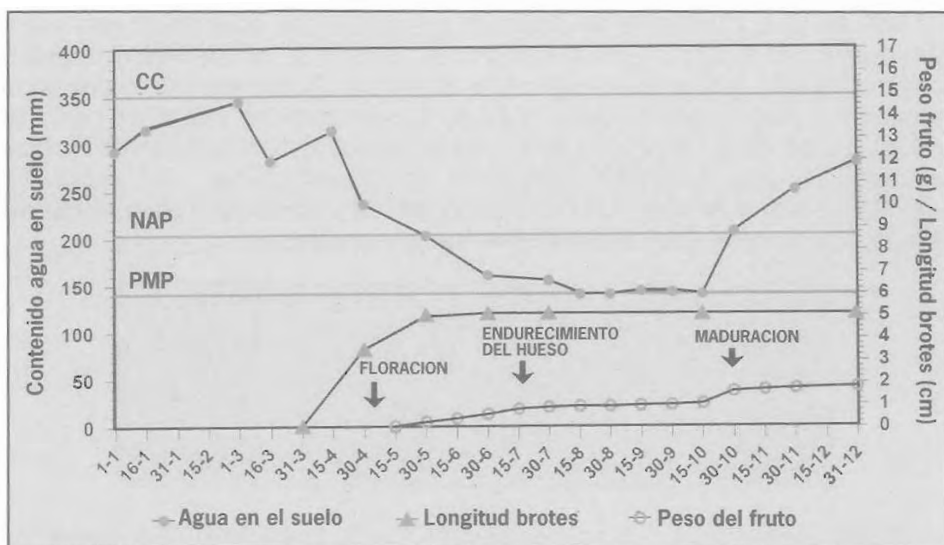
También hay que tener muy en cuenta el tipo de suelo en que tenemos implantado el olivar, ya que en suelos arenosos y/o poco profundos no podríamos hacernos los anteriores planteamientos, ya que la reserva de agua en el suelo a final del invierno sería mucho menor, por lo que las necesidades de agua de riego a aplicar durante la estación seca serían mucho mayores. Por esta razón advertimos que las cifras que mostramos en este libro son solamente orientativas, y válidas para el tipo de suelo (profundo y franco-arcillo) y para la climatología (ET<sub>o</sub> y pluviometría) a la que hemos hecho referencia anteriormente, por lo que no se pueden generalizar a todas las situaciones.

### 3.- RIEGO EN CONDICIONES DE BAJA DISPONIBILIDAD DE AGUA

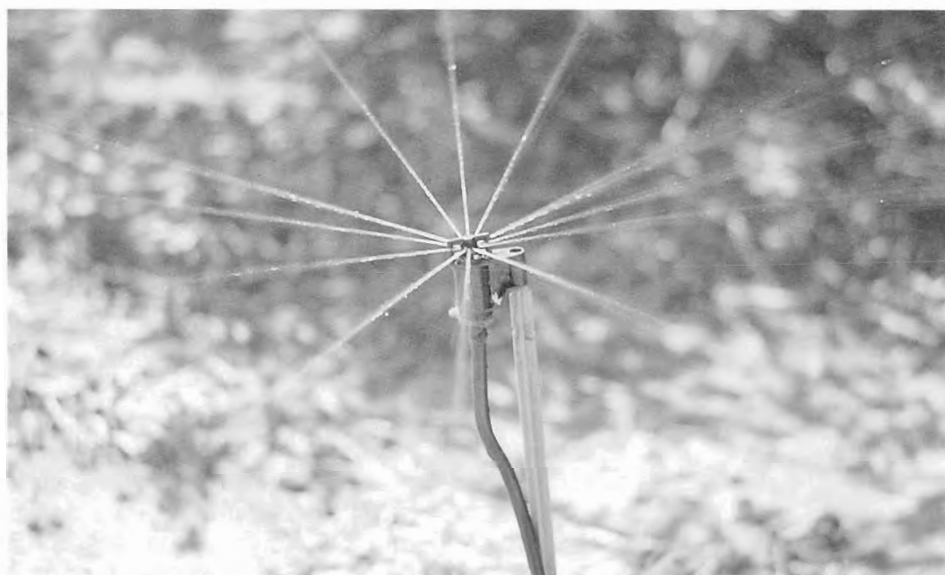
Hasta ahora hemos aprendido a calcular las necesidades de agua con la finalidad de obtener la máxima producción, sin embargo, la situación de disponibilidad ilimitada de agua raramente se da en las zonas olivareras, por lo que normalmente se plantean serias dudas a varios niveles. Por un lado para los Gestores del Agua en la Cuenca, por otro para el Olivarero. Para los primeros, en el aprovechamiento de un determinado volumen de recurso una solución puede ser limitar la superficie regada, otorgando concesiones con dotaciones que cubran las máximas necesidades; otra, reducir la dotación por hectárea, permitiendo el riego a una mayor superficie.

También podría plantearse el riego cuando el agua no se utiliza para otros usos, aprovechando las aguas de escorrentía no reguladas. Como se dijo al principio, lo deseable sería aumentar las disponibilidades, pero ello no es fácil de resolver a corto plazo ya que se requerirían tiempo e importantes inversiones estatales. Para el olivarero la situación sería parecida, ya que si dispone anualmente de una cantidad de agua para su explotación, su duda es regar una superficie  $S$  con una dosis  $D$  de agua o regar una superficie  $2S$  con una dotación  $D/2$ . Trataremos de aportar cierta información técnica que ayude a la toma de decisiones.





**Figura 1:** Evolución anual del contenido de agua en el suelo, del crecimiento de los brotes y del peso del fruto, en un olivar intensivo del término de La Rambla (Córdoba), que vegeta sobre un suelo arcilloso típico. Se indican asimismo los valores de capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento permanente (PMP) y nivel de agotamiento permanente (NAP) correspondiente a este suelo.



**Fotografía 3:** Microaspersor de bajo caudal, emisor muy empleado en el riego con aguas residuales de población, recurso hídrico muy empleado en la comarca de La Loma.

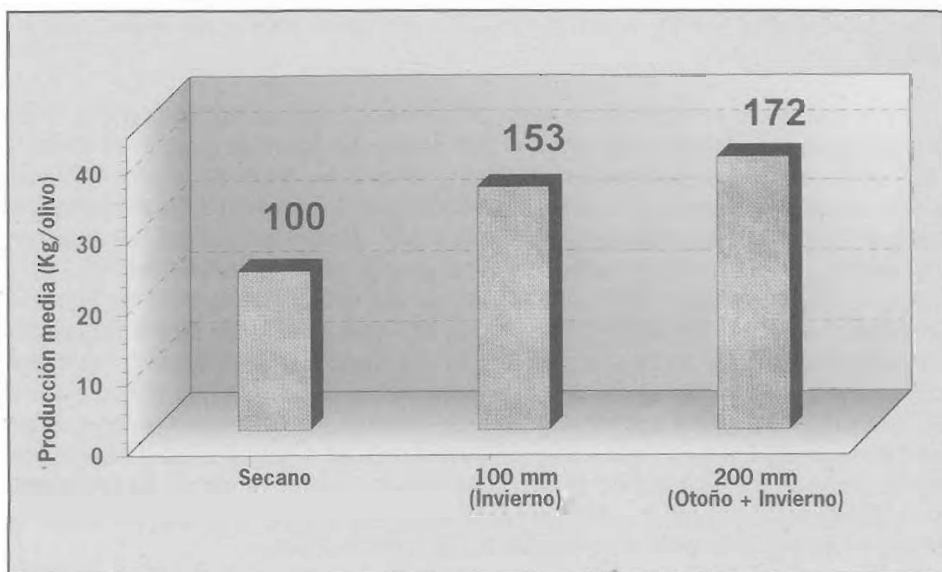
### 3.1.- CICLO DEL OLIVO CON RELACIÓN AL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

Para establecer estrategias de riego deficitario es imprescindible conocer antes el ciclo vegetativo del olivo con relación a las disponibilidades de agua en el suelo. la Figura 1 muestra esta evolución en un suelo profundo arcilloso, en un año de pluviometría normal, gráfico en el que se muestran además los valores de contenido de agua del suelo correspondientes al PMP, CC y NAP. Vemos que excepto en inviernos muy secos, normalmente no sería necesario aportar agua hasta bien entrada la primavera, produciéndose la brotación y floración sin déficit hídrico para el olivo. Sin embargo, a principio de verano, el contenido de agua en el suelo puede descender por debajo del NAP si no se produjesen nuevas lluvias, lo que ocasionaría un déficit hídrico que podría limitar el crecimiento de los brotes y del fruto, por lo que a partir de este momento habría que recurrir al riego, o mejor aún, comenzar a regar antes de que se produjera esta deficiencia. Otro momento en el que el olivo es tremendamente sensible al déficit hídrico es final verano-otoño, época en la que el crecimiento de la aceituna es máximo y en la que la formación de aceite es mayor, afectando la sequía muy negativamente al rendimiento graso de los frutos.

### 3.2.- RIEGO EN OTOÑO-INVIERNO

Afrontaremos en primer lugar la posibilidad de regar en épocas en las que el agua no se emplea para otros usos o cultivos, es decir en el período otoño/invierno. Indudablemente es una posibilidad con un interés mucho más político que agronómico en la situación actual, pero esta posibilidad hay que considerarla, pero matizando ciertos aspectos a tener en cuenta para obtener una cierta eficacia de esta práctica de riego.

Para que esta práctica sea eficaz se necesita en primer lugar contar con un suelo con gran capacidad de retención de agua y con profundidad suficiente como para almacenar una adecuada cantidad de agua, que más tarde pueda ser empleada por el olivo durante la estación seca; y en segundo lugar, un sistema de aplicación del agua que garantice una distribución homogénea en toda la superficie. Realmente en estas condiciones se han obtenido unos resultados muy interesantes (Figura 2) en un ensayo planteado a largo plazo (10 años) por la Estación de Olivicultura de Jaén utilizando un sistema de riego con cobertura total (aspersión), habiéndose logrado con riegos de invierno con una dotación de 100 mm aumentos medios de producción algo superiores al 50%. En un segundo tratamiento en el que además del riego de invierno se dió un segundo riego de 100 mm a principio de otoño, las producciones aumentaron en un 72% con respecto al secano. Sin embargo, no deberíamos ser demasiado optimistas con estos resultados, ya que el ensayo se realizó en una zona muy seca (pluviometría media 350 mm), obteniéndose respuestas positivas fundamentalmente en los años más secos. En estos años las disponibilidades de agua de lluvia son también escasas, existiendo problemas de suministro incluso en invierno. A continuación discutimos la problemática de este tipo de riegos, así como sus limitaciones.



**Figura 2:** Producciones medias e índices de producción obtenidas durante 10 años en un ensayo realizado por la Estación de Olivicultura en Mengibar (Jaén). El agua fue aplicada mediante un sistema de aspersión con cobertura total, con las dotaciones de riego y en las épocas que se señalan.

La capacidad de un suelo para almacenar agua no es ilimitada, y una vez superada su capacidad de campo comienzan las pérdidas por drenaje hacia capas no exploradas por las raíces, o escorrentías superficiales que agravarían el problema de la erosión. Por tanto, en años lluviosos la cantidad de agua que es posible aportar al olivar en invierno es realmente limitada. Además, el mantenimiento del suelo a saturación durante largos periodos de tiempo puede acabar causando daños irreversibles al olivar, como ha ocurrido en muchos olivares regados en exceso en los inviernos de 1996 y 1997, ante la incertidumbre de poder regar durante el verano.

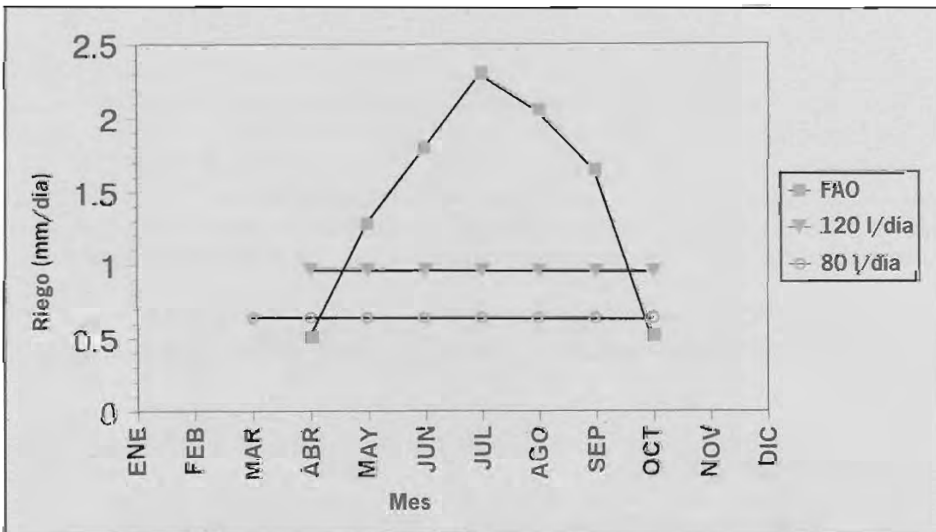
La capacidad del suelo para almacenar agua es algunos años relativamente grande, pero siempre que utilicemos para ello la totalidad del suelo, para ello son necesarias las instalaciones de cobertura total (riego aspersión o superficie), pero sería utópico con las instalaciones existentes de riego por goteo, en las que en la mayoría de los casos se cuenta nada más que con dos emisores por olivo.

Finalmente con aplicación del agua de riego por goteo en otoño/invierno y con un largo período de secano (mayo-septiembre), como se propone en la actualidad en las concesiones de agua, podrían provocarse en la mayoría de los suelos graves problemas de estrés hídrico durante el verano, momento extremadamente crítico, una vez agotado el perfil, que podría incidir negativamente sobre el crecimiento de los frutos, si no se produjeran unas tempranas lluvias otoñales. La experiencia nos ha enseñado

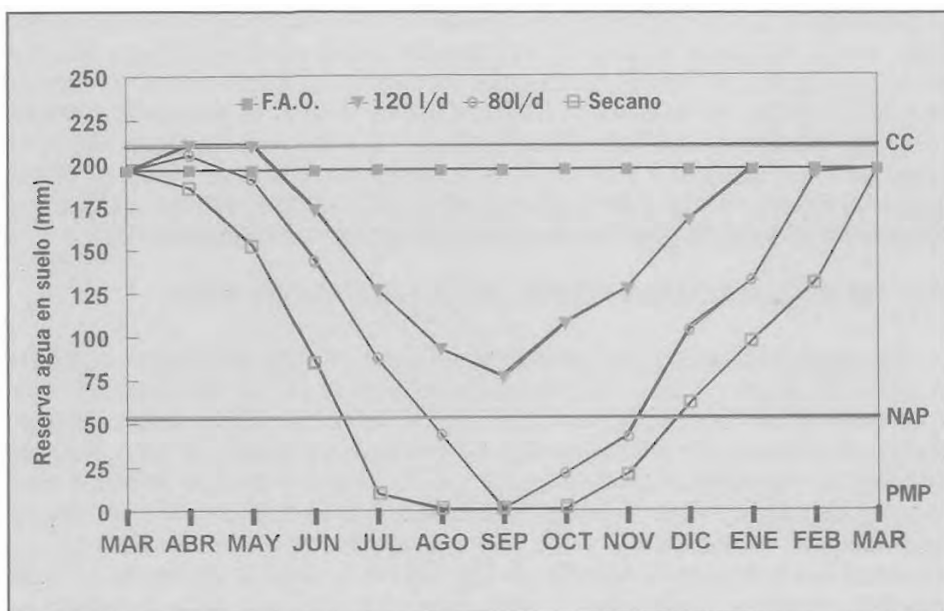
la gravedad de cortar totalmente en verano el suministro de agua a un olivar que había venido regándose durante la primavera. La aplicación de algún riego de socorro en julio/agosto que permita a los árboles mantener suficiente actividad vegetativa y fotosintética, sin caer en un marcado estrés hídrico, es una recomendación obligada. Además, la posibilidad de adelantar la fecha de comienzo de los riegos de otoño sería fundamental. Por otro lado, el aumento del número de puntos de aplicación de agua, que en las actuales instalaciones podría hacerse con bajo coste, lo que mejoraría la eficacia de este tipo de riego impuesto por las circunstancias.

### 3.3.- RIEGO CONTINUADO CON BAJAS DOTACIONES DE AGUA

Otra posibilidad, más aconsejable desde el punto de vista técnico para optimizar la aplicación de las escasas disponibilidades de agua de la Cuenca y especialmente cuando se utilizan recursos subterráneos, podría ser la aportación, durante un largo periodo de tiempo y con gran frecuencia, de pequeñas cantidades de agua, tratando de cubrir las necesidades del cultivo a partir de la reserva y de estas limitadas aportaciones de agua de riego. Cabría preguntarnos, a la hora de planificar los riegos, hasta qué nivel podríamos limitar la ETC, y qué pérdidas de producción ello nos ocasionaría. No disponemos todavía de esa información, y con financiación de la Consejería de Agricultura y del MAPA se trabaja en la actualidad para tratar de determinar de respuesta del olivo a distintos niveles de ETC con relación a olivar regado para cubrir la ETC máxima. Mientras tanto tendremos que seguir haciendo especulaciones, en las que deberíamos ser muy prudentes, pero las circunstancias nos obligan a hacer recomendaciones al olivarero.



**Figura 3:** Programas de riego (mm/día) aplicados a un olivar tradicional en el ensayo de Santisteban del Puerto para cada uno de los diferentes tratamientos comparados.



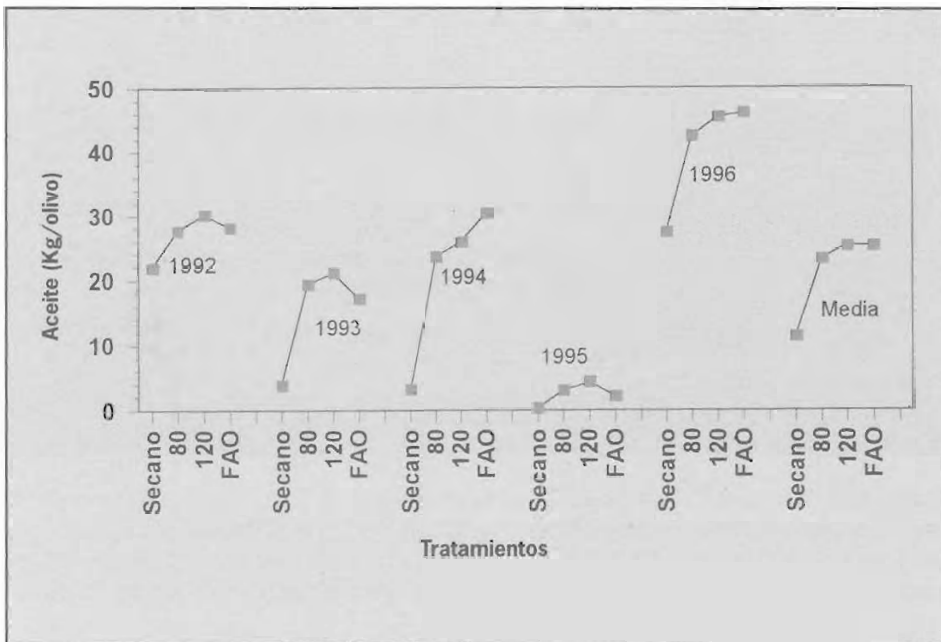
**Figura 4:** Evolución mensual de la reserva teórica de agua en el suelo, para un año medio y para cada uno de los tratamientos de riego aplicados en el ensayo de Santisteban del Puerto.

Tratando de hacer una primera aproximación, durante cinco años (periodo 1992-1996) y en base a los datos climatológicos medios de la zona ( $ET_0 = 1.200 \text{ mm}$ ), hemos realizado en Santisteban del Puerto (Jaén) un experimento (Figura 3) en un olivar tradicional con 80 olivos/ha en el que frente a un olivar de secano no regado y frente a un olivar regado empleando las dosis óptimas calculadas aplicando el método FAO sin utilizar la reserva ( $3000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ), hemos aplicado anualmente durante 8 meses (marzo-octubre) dotaciones de agua de 80 l/día ( $1.500 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) y durante 7 meses (abril-octubre) 120 litros/día ( $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ), dotación que en éste último caso y en el año medio debe cubrir las necesidades de agua del cultivo sin agotar el suelo por debajo del NAP y, por lo tanto sin que se prevea afectar negativamente a la producción (Figura 4).

En la Figura 5 presentamos las producciones de aceite por olivo obtenidas en el referido ensayo en el periodo 1992-1996, para cada una de las estrategias de riego aplicadas.

Se confirma una vez más que el riego es una práctica de cultivo que permite aumentar la producción del olivar, incluso a dosis relativamente modestas con respecto a las empleadas en otros cultivos. El riego ha aumentado en todos los tratamientos el volumen de copa de los árboles, así como el índice de área foliar, lo que ha permitido, con respecto a la situación de secano, aumentar el número de frutos producidos así como el tamaño de las aceitunas, lo que se ha traducido en un espectacular aumento de producción de aceite (98% en el tratamiento con menor cantidad

de riego con respecto al control) y del rendimiento graso de las aceitunas. Si consideramos la lluvia, el tratamiento de 120 l/día ( $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) es el que ha proporcionado una mayor eficiencia en el uso del agua, resultando rentable regar con esta cantidad con respecto al olivar al que se ha aportado  $1.500 \text{ m}^3/\text{ha} \times \text{año}$ . Como ya anticipamos, la máxima productividad del agua se alcanza cuando las dotaciones de riego se aproximan a las necesidades máximas de estos, por lo que en situaciones de baja disponibilidad de agua, y en las condiciones en las que se ha realizado el ensayo, parece recomendable regar con la dosis propuesta ( $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) utilizando la reserva de agua en el suelo, cubriendo de esta forma las necesidades máximas del cultivo, sin necesidad de aplicar un volumen de agua superior, tal como se ha realizado en el programa denominado FAO. La aplicación de  $1.500 \text{ m}^3/\text{ha}$ , muy inferior a la dosis óptima, permitiría abastecer una superficie sensiblemente mayor, proporcionando una producción aceptable en olivar tradicional.



**Figura 5:** Producciones de aceite por olivo obtenidas anualmente en cada tratamiento de riego (Ver Figura 3) en el ensayo de Santisteban del Puerto. Las aportaciones anuales de riego fueron FAO ( $3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ), 80 ( $1.500 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) y 120 ( $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ).

Esta recomendación queda confirmada plenamente por un ensayo realizado en la localidad de Colomera (Prov. de Granada) por Martínez Raya y col. (1997) también en olivar tradicional, en el que en el periodo 1993-1995 obtuvieron una significativa respuesta al riego, siendo el olivar que recibió  $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$  en el que se obtuvo la mayor producción y eficacia por el uso del agua, multiplicándose por 6 la cosecha con respecto al secano.

Los programas de riego deficitario aplicando cantidades constantes de agua durante un largo periodo de tiempo, además de ser fáciles de aplicar por el agricultor, permiten abaratar las instalaciones de riego, así como aumentar la superficie regada cuando se dispone de pequeños caudales. En nuestro caso (olivar adulto con 80 Olivos/ha), con un caudal continuo de un litro por segundo y sectorizando podrían regarse 11 hectáreas con el programa de 80 l/día, y 8 hectáreas con el de 120 l/día utilizando una instalación que permita aplicar 16 litros/hora por olivo. En la situación del ensayo (suelo profundo y aceptable pluviometría media en el período otoño-invierno), la utilización de la reserva de agua del suelo en la programación del riego parece muy recomendable.



**Fotografía 4:** Muchos olivareros siguen podando su olivar de riego como si de un olivar de secano se tratase. Podas excesivamente severas no permiten el obtener la máxima eficiencia del agua de riego aplicada. A la derecha olivo de riego podado de forma demasiado intensa, habiéndose anticipado en el tiempo la ejecución de las renovaciones de ramas, lo que ha reducido la superficie productiva.

En años con pluviometría media de unos 500 mm, en el olivar tradicional de Jaén y Granada ( $ET_o = 1.200$  mm), una dosis de  $2.000$  m<sup>3</sup>/ha parece ser la recomendable en una primera aproximación. En densidades de plantación superiores, la dosis de agua debe ser incrementada sensiblemente, unos  $3.000$  m<sup>3</sup>/ha para 200 olivos/ha. En inviernos de pluviometría anormalmente baja sería recomendable adelantar a febrero el inicio de los riegos, manteniendo, en principio, las dosis utilizadas en el ensayo. Podas severas que reduzcan drásticamente el volumen de copa o el índice de área foliar reducen el consumo por los árboles, pero afectan también negativamente a la producción del olivo. En zonas más cálidas de Andalucía, con valores de  $ET_o$  superiores, habría que corregir al alza las dosis recomendadas.



En ambientes en los que la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, o la pluviometría media anual sean sensiblemente inferiores a la de las zonas estudiadas, no es aplicable la estrategia de riego propuesta. Es necesario adaptar los programas de riego a las condiciones particulares de cada tipo de suelo y año.

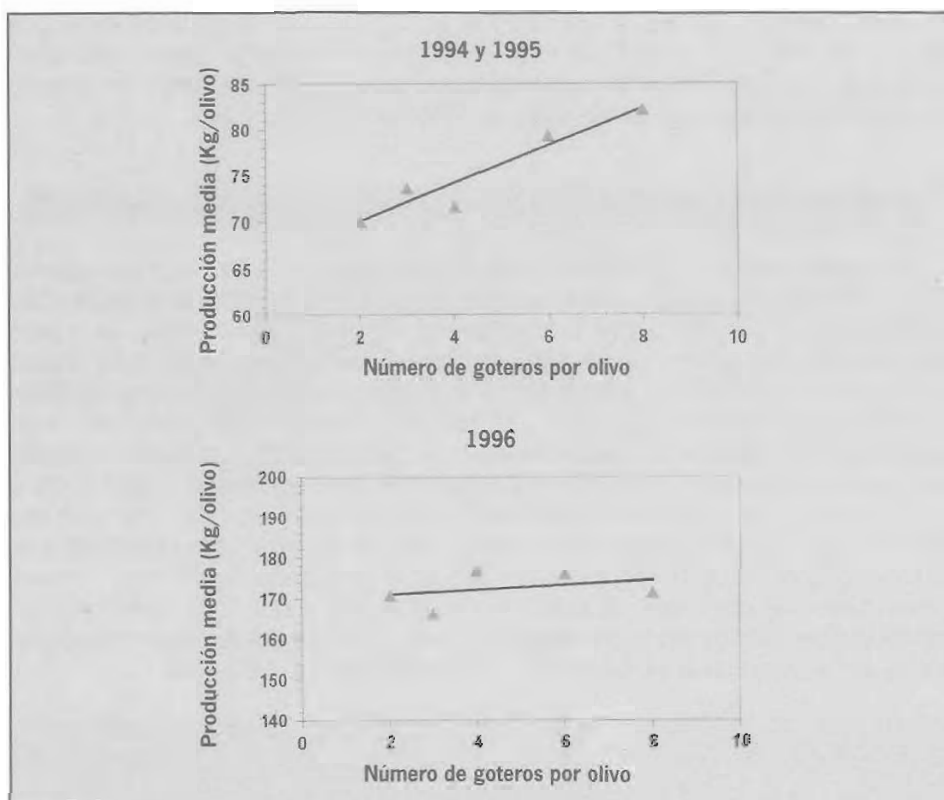
#### 4.- SISTEMAS DE RIEGO A UTILIZAR Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

En condiciones de disponibilidades de agua limitadas, no cabe duda que deberíamos inclinarnos por utilizar sistemas de riego que permitan obtener la máxima eficiencia, lección que tienen muy bien aprendida nuestros olivareros que, en la gran mayoría de las instalaciones, se han inclinado por el sistema de riego localizado (goteo o microaspersión de alta frecuencia), cuya gran ventaja es el ahorro de agua. Ilustrativo es un trabajo realizado por Le Bourdelles y col. (1983) en la isla de Córcega durante 8 años en el que se compararon las producciones de olivares regados por goteo y aspersión, en los que las dotaciones de riego fueron  $2.360 \text{ m}^3/\text{ha}$  y  $3.670 \text{ m}^3/\text{ha}$  y año respectivamente. Además del ahorro de agua, las cosechas medias en riego por goteo aumentaron en un 7% con respecto a la aspersión. Los citados autores recomiendan asimismo que en la programación de riegos se empleen valores del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) iguales a 0,6 - 0,8 - 1,0 cuando el sistema de riego empleado sea goteo, aspersión o de superficie respectivamente, lo cual ilustra por si mismo la importancia del sistema de aplicación del agua.



**Fotografía 5:** Panorámica de una explotación de regadío en el término de Ubeda, en la que la poda, la gestión del suelo y la programación del suelo son los correctos.





**Figura 6:** Influencia del número de goteros instalados por olivo sobre la producción. La instalación permite aplicar en todos los casos 16 l/hora. Olivar tradicional (80 olivos/ha) en Santisteban del Puerto (Jaén)

Decididos por las instalaciones de riego por goteo, un aspecto muy importante es el del número de goteros a instalar en cada olivo. En la mayoría de las zonas olivareras de Andalucía lo normal ha sido instalar dos emisores o puntos de suministro de agua por árbol. Este hecho contrasta con la tendencia existente en fruticultura, donde se trata de mojar al menos un 20-30% de la superficie del suelo. En olivar, Porras y col. citados por López García y López Perales (1995) demostraron que la proporción de superficie de suelo mojada era decisiva sobre el crecimiento del olivo. Por esta razón, y durante 3 años, hemos planteado un experimento en Santisteban del Puerto (Jaén), en el que para una idéntica cantidad de agua aportada por hectárea y año, y con una instalación que permite aplicar 16 l/hora por olivo, se compara el efecto sobre la producción de la aportación del agua en 2, 3, 4, 6 y 8 puntos. Los resultados (Figura 6) son concluyentes. En los años secos (1994 y 1995) la producción aumentó sensiblemente en la medida en que aumentó el número de puntos de aplicación. Sin embargo, en un año muy húmedo como lo fue 1996, las producciones fueron similares en todas las tesis ensayadas. Estos datos muestran el interés por

mojar una mayor superficie del terreno, lo cual es de vital importancia en el caso en que haya que aplicar riegos en épocas en las que pretendamos aumentar la reserva de agua en el suelo, como es el caso de los riegos de invierno.

Aunque ya hemos dicho que cuando las disponibilidades de agua son limitadas somos muy partidarios de la aplicación del agua en riegos con reducida dotación diaria de agua a lo largo de un gran número de meses al año, lo que permite mantener un aceptable estado hídrico de los árboles, además de optimizar y abaratar las instalaciones, esta solución no es extrapolable a todas las situaciones, y en condiciones en las que las disponibilidades de agua sean intermitentes, hay que pensar en instalaciones de mayor cobertura (microaspersión bajo copa, por ejemplo) que permitan aportar la dotación de agua en el escaso número de días disponible. La colaboración de un buen técnico que diseñe las instalaciones en función de cada situación particular se hace imprescindible.

#### **4.1.- MANEJO DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO**

Nos referimos en este apartado a las de riego por goteo fundamentalmente. Se nos ha dicho repetidamente que la principal ventaja de este sistema de riego es la economía de agua (reducción de las pérdidas por evaporación) al mojarse una reducida superficie. Trabajos recientes, aún no publicados, muestran que las pérdidas diarias por evaporación desde un bulbo húmedo pueden ser de cierta importancia y no despreciables, ya que en verano la baja humedad relativa de la gran masa de aire que rodea las manchas húmedas aumenta en gran medida la evaporación (microadvección). En esta situación, en suelos arcillosos, como los de muchos de los olivares regados del Valle del Guadalquivir, es recomendable aplicar riegos de larga duración, sobre todo cuando las dotaciones son escasas, distanciando el número de días transcurridos entre riegos, pero cuidando que la aplicación no genere pérdidas por drenaje o escorrentía superficial al superarse la capacidad de retención del suelo. En este caso la instalación de instrumentos de control podría ser recomendable.

En suelos arenosos, los bulbos humedecidos suelen tener un reducido diámetro, y si no se elige adecuadamente el número de puntos húmedos y el caudal del emisor, pueden provocarse importantes pérdidas de agua por percolación profunda, con lo que se reduciría la eficacia del sistema. En esta situación sería preferible aumentar la superficie mojada y dar riegos de acuerdo con la profundidad de suelo explorado por las raíces.

#### **4.2.- MANEJO DEL CULTIVO EN CONDICIONES DE REGADÍO**

En la optimización del uso de agua de riego es fundamental emplear técnicas de cultivo que no limiten las producciones.

Estas producciones dependen de la cantidad de radiación interceptada por la copa, lo cual depende de la densidad de plantación, del volumen de copa de los olivos y de su frondosidad. Por esta razón podas tradicionales severas que reduzcan

el volumen de copa o de un modo apreciable la cantidad de hojas, reducen enormemente la eficiencia del agua aplicada. En el mismo sentido, las tradicionales densidades de plantación impiden el óptimo aprovechamiento del medio y el del recurso agua, al no permitir obtener la máxima productividad potencial.

En situaciones de riego deficitario la elección del sistema de manejo del suelo es igualmente fundamental, ya que el agua de lluvia permite cubrir una parte importante de las necesidades del cultivo, por lo que una mejora en la eficiencia de la lluvia resulta fundamental. En olivares regados por goteo la utilización de sistemas de no-laboreo en muchas de sus versiones o laboreo reducido puede ser recomendable.

## PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN

**Juana Nieto (\*)**  
**Miguel Pastor (\*\*)**  
**José Aguilar (\*\*\*)**  
**Emilia Fernández (\*\*\*\*)**  
**Javier Hidalgo (\*\*)**  
**Juan Morales (\*\*)**  
**Lourdes Soria (\*\*\*\*)**

(\*) Caja Rural de Jaén.

(\*\*) Departamento de Olivicultura. Consejería de Agricultura y Pesca

(\*\*\*) Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada.

(\*\*\*\*) Universidad Internacional de Andalucía. Sede Antonio Machado.



## 1.- OBJETIVO DE LA FERTILIZACIÓN

El objeto 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, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro, manganeso, cinc, cobre, molibdeno, boro y cloro. Los tres primeros 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. 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, o incluso a través de la hoja, cuando se realizan pulverizaciones nutritivas sobre el vegetal.

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 de los árboles 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.

## 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 ni los resultados de los análisis de suelo. En una situación de buena rentabilidad del cultivo es normal que los olivares abonen en exceso sus plantaciones, 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 en 1994 por la Universidad de Córdoba en dos comarcas de la provincia de Granada en las que se encontraron similares producciones en olivares abonados con diferentes dosis de fertilizantes. Por ejemplo, en el caso del (nitrógeno) se observó que existían plantaciones con produccio-

nes medias de más de 4.000 kg/ha que recibían aportaciones de N comprendidas entre 25 y 200 kg/ha, y que recibiendo similares cantidades, otras plantaciones producían menos de 2.500 kg/ha, lo que pone en evidencia que la fertilización no es la única variable que controla la producción del olivar, y en ocasiones los olivareros recurren al abonado como medio de resolver otro tipo de problemas que poco tienen que ver con la nutrición, dándose el caso de que olivares poco productivos son los que reciben las máximas dosis de abonado.

Un buen programa de fertilización debe minimizar la aportación de fertilizantes al olivar y corregir las deficiencias y excesos de elementos minerales, consiguiéndose así una máxima rentabilidad del gasto realizado. Por ello, la fertilización debe ser una práctica condicionada fundamentalmente a:

- las disponibilidades de agua en el suelo
- al estado nutritivo de la plantación
- a la fertilidad del suelo

En la Figura 1, en la que se presentan datos de Ortega Nieto en un olivar de Jaén, podemos ver las respuestas anuales del olivar, durante un período de 15 años, a las aportaciones de N (2 kg Sulfato amónico por olivo y año) al suelo con respecto a un control no abonado. Aunque globalmente se ha aumentado la producción media en 4 kg/árbol en los olivos abonados, en los años secos, con pluviometría inferior a la media, la respuesta a la fertilización N fue nula o incluso negativa.

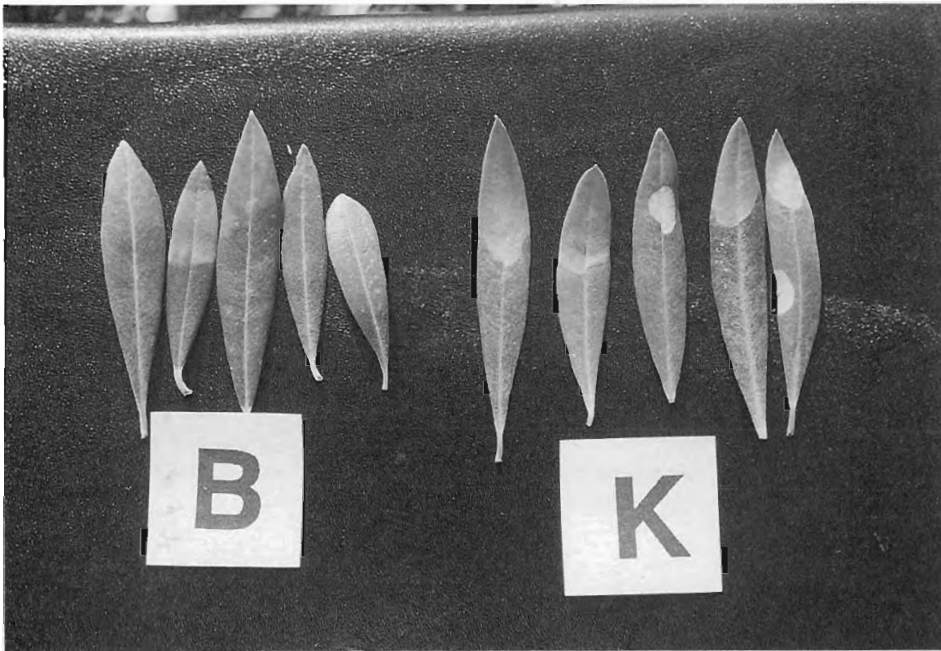
La aportación de los fertilizantes al suelo no es la única forma de fertilización del olivo, ya que esta especie puede absorber también los nutrientes a través de la hoja de una forma muy eficaz, hecho muy contrastado en el caso de nitrógeno y potasio (K), por lo que en años secos o en determinado tipo de suelos puede ser un sistema útil para aportar nutrientes al olivar. La experiencia muestra como por vía foliar pueden aportarse diferentes nutrientes al olivar (N, P, K, Zn, B, Mg, Mn).

El diseño del plan de abonado de una plantación de olivar debe hacerse siempre por un técnico instruido y competente, en base a: fertilidad del suelo; estado nutritivo de los árboles; fertilización realizada en años anteriores; producción media de la plantación; aspecto vegetativo de los árboles, en especial el crecimiento vegetativo; y finalmente teniendo en cuenta la sintomatología de ciertos estados carenciales nutritivos.

No es correcto que un laboratorio, y en base únicamente a los resultados del análisis foliar realizado con las muestras de hoja que le remite el olivarero, realice por correo el plan de abonado de nuestro olivar, hecho que se viene observando con cierta frecuencia en la actualidad.

Decidir la fertilización basándonos únicamente 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

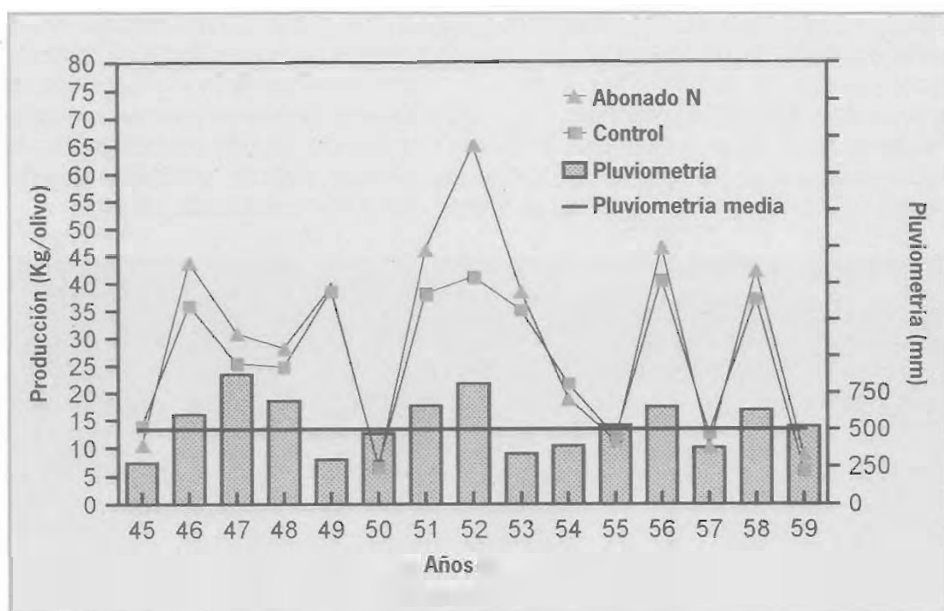
porque es necesaria una gran experiencia para poder asignar correctamente un síntoma visual a la deficiencia en un determinado nutriente, lo que ha llevado a cometer graves errores de diagnóstico en Andalucía, con los consiguientes incorrecciones en el programa de abonado realizado. Es el caso de la deficiencia en potasio, bastante frecuente en el olivar andaluz que, en muchas ocasiones, ha sido confundida con la deficiencia en boro (Fotografía 6), habiéndose aportado grandes cantidades de este elemento, probablemente de forma errónea y, por tanto, con escasa utilidad.



**Fotografía 6:** Hojas que muestran sintomatologías típicas de deficiencias en boro (B) y potasio (K). Obsérvese la similitud de ambos tipos de deficiencia lo que puede ocasionar confusiones en cualquier persona no instruida.

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. Tengamos en cuenta que pequeñas diferencias analíticas pueden definir estados de adecuación o carencia en un determinado olivar, lo que va a afectar, sin duda, a las recomendaciones de abonado. La metodología analítica contrastada por el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba (Consejería de Agricultura y Pesca) puede ser una referencia válida. A continuación presentamos algunos de los criterios para la fertilización del olivar, criterios ampliamente discutidos en grupos de trabajo.





**FIGURA 1:** Respuesta del olivo a aportaciones anuales de 2 kg/árbol de Sulfato amónico (Abonado N) con respecto a un testigo no abonado (Control) en el periodo 1945-1959. Finca Los Naranjos (Jaén). En los años con pluviometría superior a la media es en los que se observan las mayores respuestas al abonado.

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

#### 3.1.- MÉTODO DE DIAGNÓSTICO

Para realizar el programa de abonado para un olivar determinado debería determinarse, en primer lugar, su estado nutritivo actual, realizando un análisis foliar, utilizando para el diagnóstico 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 de hojas.

Cuando se aporta un determinado nutriente en árboles en los que su estado nutritivo en dicho elemento es adecuado, no suele obtenerse 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 1). 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, habiéndose constatado experimentalmente que aportaciones de N y K

pueden ser ineficaces cuando existe una deficiencia en cualquiera de los nutrientes, aunque sea un microelemento.

### 3.2.- ANÁLISIS DE SUELOS.

Los simples 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 y utilizado 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 para las propiedades químicas se repetirá cada cierto número de años (5 a 6 años), lo que permitirá realizar un seguimiento de la evolución del contenido en los nutrientes que puedan afectar directamente a la fertilización futura del olivar.

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. 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. 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.

**Tabla 1:** 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, Cinc, Cobre, Potasio, Manganeso y Boro
Magnesio	Molibdeno	Potasio y Calcio
Hierro	Fósforo	Manganeso

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). El conocimiento del tipo de arcillas del suelo es igualmente imprescindible y es muy importante a la hora de tomar decisiones sobre los fertilizantes a aplicar y sobre la forma de realizar la aplicación (suelo o foliar).

La interpretación de los análisis de suelo deben ser hechas por un técnico, en base a los criterios mencionados anteriormente. Como referencia damos la Tabla 2, en la que mostramos los niveles de los parámetros analíticos de suelo considerados como bajo, normal y alto.

### 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 segunda decena del mes de julio, tomando hojas adultas de brotaciones del crecimiento del año, totalmente expandidas, y de la mitad inferior del brote (3º ó 4º par de hojas a partir del ápice en un año normal), en las que ya ha cesado el crecimiento y que ya estarán elaborando asimilados activamente.

**Tabla 2:** Niveles en suelos de los elementos principales según el método utilizado para su determinación.

	MUY BAJO	BAJO	NORMAL	ALTO	MUY ALTO	
Materia orgánica %	0 - 0,9	1 - 1,9	2 - 2,5	2,6 - 3,5	Mayor de 3,6	
CO <sub>3</sub> Ca total %	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	Mayor de 40	
Calcio (cmol <sup>+</sup> x Kg <sup>-1</sup> )	0 - 3,5	3,5 - 10	10 - 14	14 - 20	Mayor de 20	
Magnesio (cmol <sup>+</sup> x Kg <sup>-1</sup> )	0 - 0,6	0,7 - 1,5	1,6 - 2,5	2,6 - 4	Mayor de 4	
Sodio (cmol <sup>+</sup> x Kg <sup>-1</sup> )	0 - 0,3	0,31 - 0,6	0,61 - 1	1,01 - 1,5	Mayor de 1,5	
Potasio (cmol <sup>+</sup> x Kg <sup>-1</sup> )	0 - 0,25	0,26 - 0,5	0,51 - 0,75	0,76 - 1,0	Mayor de 1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	Menor de 5	5 - 10	15 - 20	25 - 30	Mayor de 30	
Potasio asimilable (mg/100g)	Secano arenoso	0 - 6	6,1 - 12	12,1 - 17,5	17,6 - 30	30,1 - 47
	Secano franco	0 - 7,8	8,0 - 16	16,1 - 23	23,1 - 40	40,1 - 62,5
	Secano arcilloso	0 - 10	10,1 - 20	20,1 - 30	30,1 - 47,5	47,6 - 78
	Regadío arenoso	0 - 7,5	7,6 - 15	15,1 - 23,5	23,6 - 39	39,1 - 62,5
	Regadío franco	0 - 10	10,1 - 20	20,1 - 30	30,1 - 48	48,1 - 78
	Regadío arcilloso	0 - 12	12,1 - 23,5	23,6 - 35	35,1 - 58	58,1 - 94

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 para muchos de los elementos, aunque se reconoce que no estamos en un momento de total estabilidad analítica, lo que se intenta resolver 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 vegetativo. La toma de muestras en otoño-invierno no ha resultado ser eficaz. Realizando los muestreos en esta fecha, investigadores de la Estación de Olivicultura de Jaén no se encontraron diferencias substanciales entre los niveles de nutrientes en hoja de olivos con altos niveles de producción y árboles poco productivos, por lo que expresaron sus dudas sobre la validez de dicho método para el diagnóstico correcto de las necesidades de abonado.

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 aleatoriamente, desechando los olivos que presenten anomalías con respecto al aspecto general de la parcela. Por cada parcela homogénea, y al azar, tomaremos unos 50 olivos. 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. 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. Se tomará una muestra de unas 200 hojas, que puede ser suficiente para que el Laboratorio pueda 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. Debe pedirse al laboratorio que lave las hojas con la finalidad de eliminar contaminaciones de tierra o productos fitosanitarios. La técnica de lavado está estandarizada, y el laboratorio debe conocerla. Los elementos que deben ser analizados al menos serán los siguientes: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Cu y B.

### 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, que conozcan bien el olivar del que va a hacer las recomendaciones, teniendo en cuenta como ya se ha dicho anteriormente.

- a) la tabla de niveles críticos de nutrientes en hojas para los muestreos realizados en el mes de julio (Tabla 3).

- b) el conocimiento de las características físicas y químicas del suelo (Tabla 2) además de el tipo de arcillas, contenido en carbonatos, M.O., etc.
- c) la posible existencia de síntomas visuales en las hojas que pudieran asociarse a alguna deficiencia nutricional,
- d) la historia de la fertilización realizada en años anteriores,
- e) sistemas de cultivo (riego, secano, sistema de laboreo, etc.), edad y productividad de la plantación a abonar, tipo de agua de riego (contenido en nutrientes, especialmente N), etc.

Para la interpretación de los resultados del análisis de hoja se propone la utilización de la Tabla 3, en la que se presentan los niveles críticos propuestos en base a los trabajos realizados en California (EEUU) para olivares de regadío muy productivos. Teniendo en cuenta esta circunstancia debemos advertir que se trata de una primera aproximación al diagnóstico de la fertilización. Los trabajos que se realizan en la actualidad tratan de contrastar estos niveles con mucha mayor exactitud para las condiciones del olivar español, y no sería extraño que dentro de un tiempo apareciese una nueva tabla y criterios de diagnóstico.

**Tabla 3:** Niveles críticos para hoja de olivo en muestreos realizados en el mes de Julio.

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

(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 diagnostico de las deficiencias en este elemento.

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

### 4.1.- NITRÓGENO (N)

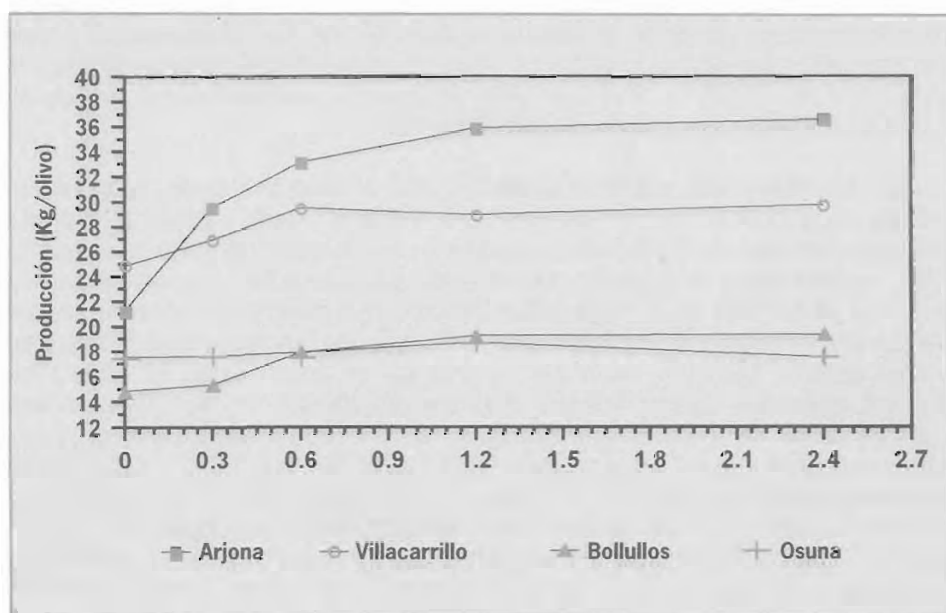
El N es el elemento más esencial en la fertilización del olivar, ya que es el que se requiere en mayores cantidades, forma parte de las proteínas, estando presente en los núcleos de las células, siendo fundamental para el crecimiento de los tejidos. Aumenta la cantidad de clorofila y la capacidad de 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 (Figura 1).

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 (más de 1,5 % sobre materia seca en muestreo realizado en el mes de julio), recomendándose cautelarmente en este caso una moderada aportación anual en olivos productivos de 1,0 kg/olivo en otoño para mantener el contenido en hoja por encima de este nivel. Mientras que esta información pueda ser bien contrastada a nivel local en Andalucía, en lo que se investiga en la actualidad, en base a los trabajos realizados durante muchos años por la Estación de Olivicultura en Jaén 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 tradicionales 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 trabajos solo encontraron respuesta a la aportación de N a dosis moderadamente bajas y que en olivares con baja productividad incluso no llegaron a observarse, ni a corto ni a largo plazo respuestas al abonado N (Figura 2). Estos resultados pueden aplicarse igualmente al olivar con riego por goteo, en fertirrigación, sistema que bien utilizado permite aumentar la eficiencia de N.

En los olivares con niveles de N inferiores a 1,50 % deberán aportarse cantidades mayores que las referidas anteriormente (en cítricos se recomienda mayorar en este caso las aportaciones de mantenimiento en un 30%), 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.

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 amoniaca-les, ya que en caso contrario las pérdidas de N por evaporación en forma de amoníaco podrían ser cuantiosas.



**FIGURA 2:** Respuesta del olivo a dosis crecientes de nitrógeno aplicado al suelo. Los ensayos se realizaron en olivar adulto con marco tradicional en secano en Andalucía en las fincas: Manero (Arjona-Jaén) cv. Picual, durante 11 años; Villarejo (Villacarrillo-Jaén) cv. Picual, durante 7 años; Rebujena (Bollullos de 1a Mitación-Sevilla) cv. Gordal, durante 5 años; y Maturana (Osuna-Sevilla) cv. Lechín, durante 11 años.

Como se dijo anteriormente, en años secos la aportación de N al suelo puede ser muy poco efectiva Figura 1, pudiéndose incluso encontrar respuestas negativas a dichas aportaciones. En estos años sería recomendable recurrir a la pulverización foliar con urea, aprovechando los diversos tratamientos fitosanitarios tradicionales del olivar (repilo, prays, etc.), utilizando concentraciones del 3-4% p/v 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 utilicen 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 nitrogenado.

En las aplicaciones foliares con urea se obtienen mejores resultados cuando se emplean bajas concentraciones de fertilizante, pudiendo ser 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 en olivar de secano 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. Probablemente con el abonado de fondo se habían cubierto ya las necesidades del olivo.

#### 4.2.- FÓSFORO (P)

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.

El P lo absorbe la planta únicamente del suelo en la forma iónica del ácido ortofosfórico, después de una oxidación muy laboriosa. 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 (menos de 0,10 % 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 en años secos bastantes 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) recomendándose hacerlo en los suelos blancos muy calcáreos y erosionados. En terrenos calizos la fertilización al suelo suele ser a corto plazo muy poco eficaz generalmente, con respuestas solo a muy largo plazo, por lo que el abonado puede resultar poco rentable económicamente. 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.



### 4.3.- POTASIO

El potasio se encuentra principalmente en las vacuolas celulares en forma iónica, es muy móvil y permite la acumulación de la energía asimilada en forma de hidratos de carbono y grasas. Influye además en los procesos de transpiración, 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 o mal abonados con 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 durante el período de maduración.

Es el potasio uno de los elementos que mayores problemas está causando al olivarero en Andalucía, a pesar de encontrarse a concentraciones relativamente altas en muchos de nuestros suelos olivareros. El potasio se encuentra en el suelo en forma de minerales primarios (feldespatos y micas) los que mediante ciertas alteraciones se transforman en potasio cambiante, ligado a los coloides del suelo, sobre todo a las arcillas, en cuya fracción residen sus reservas. Este potasio se encuentra en equilibrio con el de la solución del suelo, de donde es absorbido por la planta.

La mayor parte de las reacciones del potasio en los suelos estarán, por tanto, controladas por los minerales de arcilla. La capacidad de reposición del potasio a la solución del suelo dependerá por ello, del potasio de cambio y sobre todo de las reservas de potasio. Dicha capacidad es muy importante para asegurar la adecuada nutrición de la planta.

La movilidad del potasio en el suelo se realiza fundamentalmente por contacto radicular y, sobre todo, por el mecanismo de flujo de masas, ya que la succión que provoca la transpiración en la planta origina en el suelo un movimiento de agua hacia las raíces que arrastra también a la solución potásica.

Afortunadamente, el potasio, gracias a su naturaleza catiónica, difícilmente se pierde en el suelo por lixiviación (como ocurre con el nitrógeno) ya que al disponer de una carga positiva se facilita su unión con las arcillas, las cuales poseen cargas negativas.

La intensidad de retención del potasio puede mostrar diversos grados, dependiendo de las características de las arcillas y de la posición que ocupe el K en las mismas (las interlaminares son las que muestran mayor intensidad).

Los suelos arenosos son, lógicamente, más pobres en potasio que los arcillosos. En consecuencia, los olivos que se desarrollan en suelos arenosos, al tener mínima capacidad de retención muestran una rápida respuesta a la fertilización potásica. Sin embargo, los suelos arenosos poseen escasas reservas de potasio, lo que hace necesario aplicar fertilizaciones más frecuentes en dosis más bajas.

En los suelos arcillosos, por el contrario, la respuesta será menos evidente en el momento de aplicación, sin que esto signifique falta de eficacia en la fertilización, debido a que el potasio añadido pasará a incrementar sus reservas, ya que primero deberá saturar a las arcillas antes de estar disponible para la planta, por lo que su localización podría ser interesante, especialmente cuando se dispone de riego por goteo.

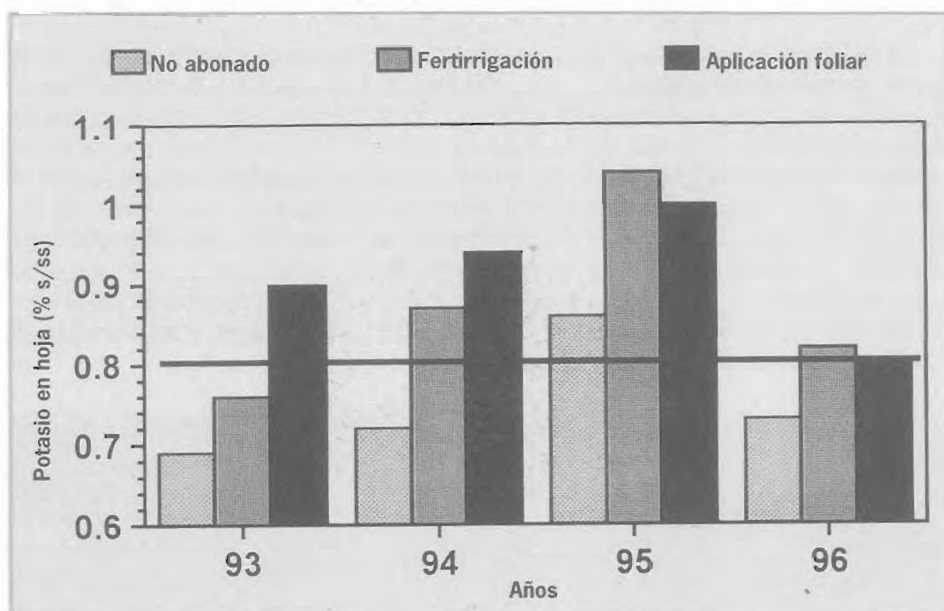
La fertilización con potasio debe recomendarse cuando el estado nutritivo de la planta, en función del análisis foliar, así lo demande (menos de 0,8 % sobre materia seca en hojas tomadas en el mes de julio). La Fotografía 6 muestra hojas en la que se observan los daños causados por la deficiencia de 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 (Fotografía 7). Con niveles inferiores a 0,6 % ya hemos observado defoliaciones severas en los árboles, en especial en los años de gran carga, y agravándose el problema después de realizar la recolección.



**Fotografía 7:** Defoliación típica con árboles debido a una deficiencia en potasio, después una gran cosecha de aceitunas, lo cual se agrava cuando se retrasa la fecha de recolección.

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 propor-

cionado aumentos de producción en ensayos que hemos realizado en Córdoba, aunque dichas aportaciones elevaron significativamente los contenidos de K en hoja (Figura 3). En estos ensayos se trabajó en suelos muy profundos que mostraban un contenido medio/bajo de potasio asimilable.



**FIGURA 3:** Contenido de potasio en hojas tomadas en el mes de julio en un ensayo de abonado potásico realizado en Casillas (Córdoba) en olivar intensivo regado por goteo cubriendo máximas necesidades. Se comparan la aportación fraccionada al suelo a lo largo del periodo de riegos de 0,75 Kg/olivo y año (fertirrigación) con la aplicación foliar en tres tratamientos de nitrato potásico al 2,5 % en abril-junio-septiembre completando también 0,75 Kg/año. El control (no abonado) no recibió ninguna aportación de potasio. En los cuatro años el abonado mejoró el estado nutritivo de las plantaciones.

La extracción de potasio por los frutos es muy elevada, máxima a final del invierno, cuando se retrasa en exceso la fecha de recolección. Es esta una de las razones para recomendar la recogida muy temprana de las aceitunas, cuyo retraso no aporta ningún tipo de beneficio, ya que aumenta las extracciones de K por los frutos e incide negativamente sobre la producción al año siguiente, sin aumentar la producción de aceite de los árboles.

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 solo suelen superarse después de varios años de aportación continuada. Es necesario tener especial cui-

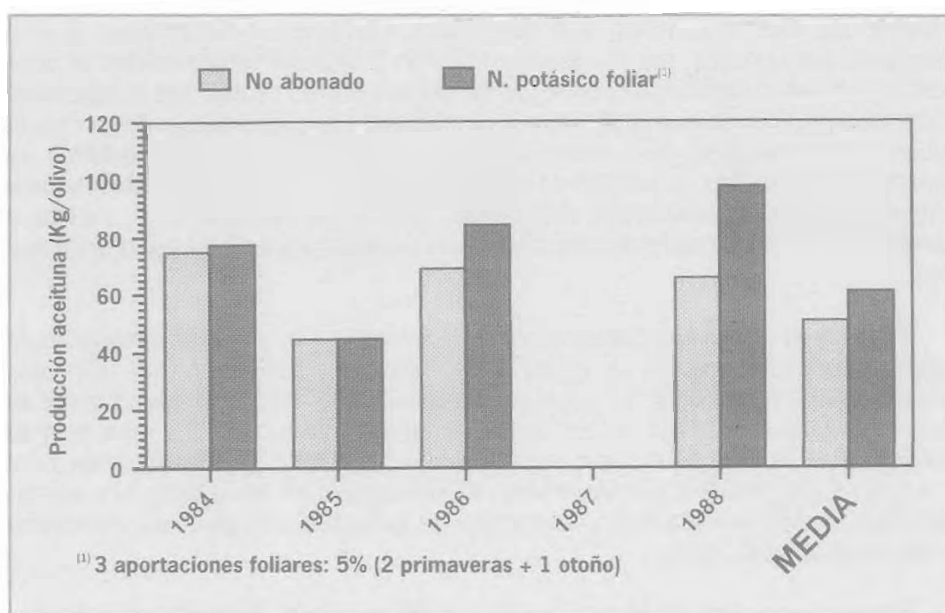
dado en los años de grandes cosechas, debido a las grandes extracciones de este elemento por la planta, por lo que en estos años podría ser recomendable su aportación, incluso cuando la concentración en hoja en el mes de julio sea la adecuada. Sin embargo, esta opinión debe ser contrastada experimentalmente 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 la vejería y el de las temporales deficiencias agudas 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 y con altos contenidos en arcilla (illita especialmente), el abonado con potasio al suelo suele ser muy poco rentable en la mayoría de las situaciones, debido al bloqueo que normalmente se produce, agravándose aún más el problema en los años secos lo que se puso en evidencia en multitud de ensayos realizados por la Estación de Olivicultura de Jaén. 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 nitrato potásico a concentraciones de 2,5 a 3 % p/v aplicadas en primavera, verano y otoño sobre árboles en actividad vegetativa y aprovechando los tratamientos fitosanitarios, han aumentado significativamente los contenidos de K en hoja (Figura 3). En olivares con deficiencia en este elemento, estos tratamientos han aumentado las producciones de aceituna en un ensayo de larga duración realizado en la localidad de Cabra (Córdoba) por investigadores del Departamento de Olivicultura (Figura 4), en el que la producción media aumentó en más de 10 kg/olivo y año con respecto a los olivos no abonados con potasio. La respuesta al abonado se observó después de dos años de realizar ininterrumpidamente dichos tratamientos.

El cloruro potásico parece que es algo mejor absorbido foliarmente que otras sales potásicas, sin embargo, la posible toxicidad a largo plazo causada por la posible acumulación del ión cloruro, aún no suficientemente contrastada en olivar, nos hace ser cautos a la hora de recomendar este fertilizante, en tanto no dispongamos de experiencia de un mayor número de años. Después de cuatro años de ensayo no se han observado síntomas de fitotoxicidad imputables a la aplicación del cloruro potásico. Las dosis de aplicación podrían ser igualmente del 2,5%. El carbonato potásico a dosis de 0,5-1,0 % ha proporcionado igualmente prometedores resultados.

Es necesario tener en cuenta el necesario equilibrio potasio-magnesio a la hora de programar la fertilización potásica. Por otro lado, en olivares con niveles muy altos de N en hoja, y especialmente cuando se manejan altas dosis de formas amoniacales, pueden presentarse problemas de deficiencia en K, que nos hacen sospechar en un inadecuado manejo de la fertilización.



**FIGURA 4:** Respuesta del olivo a tres aportaciones foliares anuales de nitrato 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. Para el conjunto de los 5 años de duración del ensayo, la fertilización foliar aumentó significativamente la producción.

#### 4.4.- OTROS ELEMENTOS

En la toma de decisiones sobre la fertilización con los restantes elementos habrá que atenerse aún más a los resultados de los análisis foliares efectuados, tomando también como criterio su aportación 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 1 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 oliviero: boro, hierro, calcio, magnesio y manganeso. Debemos advertir que en cientos de muestras de hoja recogidas en olivares cultivados en suelos calizos en Andalucía, en raras ocasiones hemos encontrado deficiencias en otros elementos. En los suelos ácidos o en los arenosos debemos considerar igualmente otros elementos como el manganeso.

#### 4.4.1.- Boro (B)

Es el boro uno de los nutrientes de muy 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, ya que la sintomatología puede confundirse, por persona no experta, con la deficiencia en potasio. La Fotografía 6, 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 deformación 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. La corrección de las deficiencias puede hacerse aportando al suelo 200 gramos de bórax 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 mayores contenidos de B en hoja en olivares de regadío en suelos calizos, aunque no se haya abonado con boro.

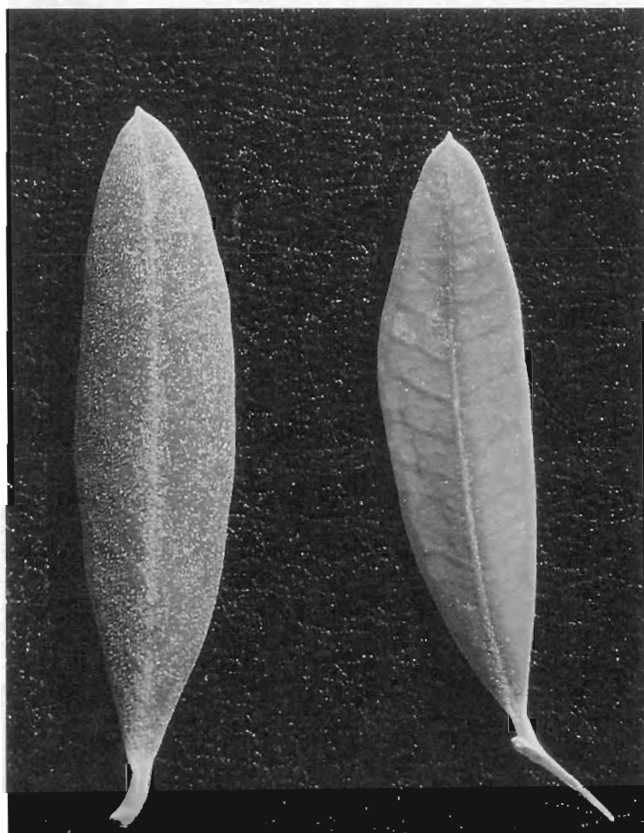
#### 4.4.2.- Hierro

La deficiencia en hierro ocasiona en determinados olivares una sintomatología específica muy característica denominada clorosis férrica. La causa principal 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 y por exceso del ión bicarbonato en el sistema suelo-planta. Los largos periodos de sequía influyen igualmente en la presencia de síntomas de clorosis en suelos muy calizos.

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 nervaduras de color verde más intenso y reducción de su tamaño (Fotografía 8), acabando por ocasionar necrosis; reducción del crecimiento de los brotes; gran proporción de flores imperfectas (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. En casos extremos los árboles pueden volverse improductivos.

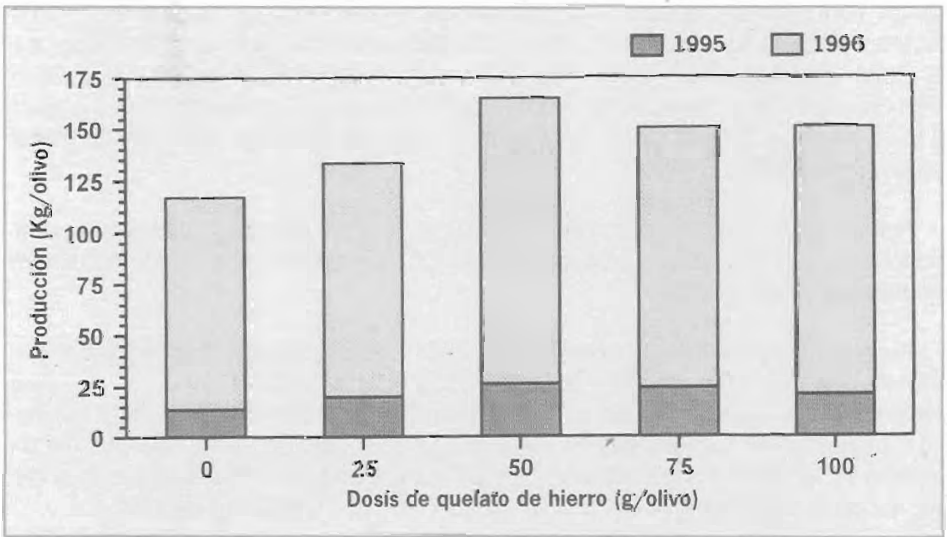


**Fotografía 8:** Hoja sana a la izquierda, mientras que a la derecha aparece hoja con amarilleamiento típico (clorosis) debido a la carencia en hierro. Las nervaduras de las hojas enfermas aparecen verdes, mientras que el resto de la hoja adquiere una tonalidad amarilla, reduciéndose su tamaño. Los árboles con clorosis tienen un crecimiento mucho menor que los sanos.

La corrección de esta carencia es fácil, aunque costosa. Un método contrastado para su corrección en olivar pueden ser la 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 (fertirrigación).

En el caso de riegos localizados recomendamos aplicar el quelato fraccionadamente; el 70 % de la dosis en primavera especialmente antes de la brotación, y el resto en fin de verano/otoño, ya que probablemente aparecerían de nuevo en otoño 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 del olivar en estos casos, por lo que aconsejamos aplicar anualmente en olivares adultos tradicionales dosis de 50 g/olivo de quelato EDDHA de 6% de riqueza en hierro, en función de la intensidad de la clorosis y del tamaño del árbol (Figura 5). Debe prestarse especial atención a la elección del quelato de hierro a utilizar. Estudios recientes han mostrado que únicamente son eficaces los isómeros orto del quelato EDDHA, y no todas las formulaciones existentes en el mercado cumplen este requisito.



**FIGURA 5:** Respuesta del olivar a la aportación al suelo de diferentes dosis de quelatos de hierro EDDHA (Sequestrene 100). El ensayo se realizó en un olivar tradicional con riego por goteo cultivado en un Calcisol pétrico (blanco) que mostraba claros síntomas de clorosis férrica. La dosis de 50 gramos/olivo parece ser la más recomendable.



La realización de un estercolado intenso abundante cada cierto número de años puede tener un efecto bastante eficaz y duradero en la corrección de la clorosis.

La aplicación foliar de compuestos de hierro (quelatos, sulfato de hierro) da unos resultados bastante 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, 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 en los que los olivos tienden a mostrar clorosis, 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 las labores profundas y frecuentes aumentarían 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.

#### 4.4.3.- Calcio (Ca)

El olivo posee una buena tolerancia a altos contenidos de calcio en el suelo, siendo también muy sensible a la deficiencia en este elemento. 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 y en los arenosos 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 actividad 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 calcio en fertirrigación puede proporcionar también resultados interesantes en la corrección de las deficiencias en Ca.

#### 4.4.4.- Magnesio (Mg)

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 % (muestras tomadas en el mes de julio), presentando los árboles aspecto clorótico, crecimiento deprimido, manifestándose los síntomas a principio del otoño. 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 (epsomita) a la dosis orientativa del 0,70 %.

#### 4.4.5.- Manganeso (Mn)

Se conoce poco sobre las necesidades del olivo en este elemento, considerándose que con concentraciones en hoja por debajo de 20 p.p.m. debe recurrirse a su corrección.

El Mn es esencial en la respiración de la planta y en metabolismo del nitrógeno, actuando, en ambos casos, como activador enzimático.

En general, en muchos de los trabajos de prospección realizados en el olivar andaluz los niveles encontrados en hoja han estado por encima de los considerados como críticos. Sin embargo, en determinados tipos de suelos es frecuente encontrar olivares con cierta deficiencia en este elemento, como ocurre en comarcas como Sierra Morena (Jaén) y en suelos arenosos de Hinojos (Huelva).

Los niveles bajos de Mn en hoja suelen estar causados por un bajo contenido en suelo o por estar en forma poco asimilable para la planta. La solubilidad del óxido de Mn depende del pH del suelo, de modo que su solubilidad disminuye cuando el pH se incrementa, por lo que su disponibilidad puede aumentarse con prácticas de cultivo que bajan el pH del suelo.

Hemos conseguido corregir la deficiencia en Mn mediante aplicaciones foliares de sulfato de manganeso a concentraciones 0,5-1. % en otoño y primavera. Su mezcla con una sustancia húmica puede ser interesante.

#### 4.4.6.- Sustancias húmicas

Existe cierta confusión en cuanto a la eficacia de las sustancias húmicas en la fertilización de los cultivos, existiendo en el mercado de agroquímicos una amplia oferta de estos productos, así como una gran confusión sobre las posibilidades reales y forma de utilización.

Los ácidos húmicos ejercen una acción directa sobre las plantas, presentando un efecto hormonal parecido al que produce la auxina, siendo posible su aplicación al suelo para su absorción radicular, o en aplicaciones foliares, que parecen mucho más eficaces, posibilitando su empleo junto con plaguicidas y abonos foliares minerales.

Los ácidos húmicos de cadena corta parecen los más eficaces, dependiendo ello del origen de la sustancia húmica, de la relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos, de su peso molecular y del cultivo en que se aplican, habiéndose demostrado que en aplicación foliar existe una influencia directa en el crecimiento de la planta (afectando mecanismos enzimáticos y estimulando la síntesis de proteínas) y en la absorción de N, P, K, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y Mo, facilitando el paso de las membranas al aumentar su permeabilidad, mejorando por tanto la absorción y el transporte de iones dentro de la planta. Se recomienda emplear dosis moderadas de estos productos.

Aunque en las aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos al suelo proporciona resultado más erráticos que las aplicaciones foliares, estas sustancias pueden liberar el potasio fijado en las arcillas, recubriendo las superficies capaces de inmovilizar y bloquear el fósforo en el suelo.

En olivar aplicaciones foliares de un extracto de Leonardita a una concentración comprendida entre 0,5 y 1,0% aumentaron al crecimiento de los brotes y el tamaño del fruto, sin que afectaran a la producción final de los árboles, desconociéndose la producción al año siguiente. Estas aplicaciones aumentaron también los niveles de potasio y boro en las hojas, no afectando a los contenidos en los restantes nutrientes.

### 5.- APLICACION PRACTICA DE TECNICAS DE PROGRAMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN A NIVEL COMARCAL

A iniciativa del Departamento de Olivicultura (Consejería de Agricultura y Pesca), del Departamento de Edafología (Universidad de Granada) y de la Caja Rural de Jaén, se inicia en 1996 una serie de estudios básicos para determinar los parámetros que determinan las bases para la Programación de la fertilización del olivar en la Provincia de Jaén. Se acometió el estudio en dos fases:

1.º Fase: realización de un estudio de los suelos en los que vegeta el olivar, teniendo realizado su clasificación taxonómica, realizando a nivel de parcela

muestral diferentes determinaciones analíticas que comprenden tanto propiedades físicas como químicas de los suelos, especialmente las que de algún modo pueden afectar a la nutrición y fertilización del olivo. En esta primera fase se eligieron olivares representativos de la comarca, en los que se tomaron muestras de hoja para estudiar su estado nutritivo en base a los resultados del análisis foliar, realizándose igualmente una encuesta entre los propietarios de las parcelas de olivar, a los que se preguntó la producción y técnicas de cultivo y fertilización que aplicaron en los últimos años.

2.º Fase: establecimiento de parcelas de demostración de técnicas de fertilización de acuerdo con criterios racionales, y en base a los estudios anteriormente realizado. Los trabajos en esta segunda fase han comenzado en la primavera de 1998, por lo que aún no tenemos resultados experimentales.

Dada la enorme superficie olivarera de la provincia de Jaén, en una primera etapa se consideran únicamente las comarcas de La Loma y Sector Este de Sierra Morena, estando prevista la continuación con las comarcas de Sierra Mágina y Sierra de Segura.

## **5.1.- APLICACIÓN A LA COMARCA DE LA LOMA**

### **5.1.1.- Planteamiento del trabajo**

A continuación presentamos los primeros resultados de un trabajo iniciado en el año 1996 en la comarca de la Loma en la provincia de Jaén. En este primer avance de resultados se analiza la influencia que sobre dicho estado nutritivo tienen el tipo de suelo, el riego, el sistema de manejo del suelo, la edad del olivar y los marcos de plantación.

Se seleccionaron 120 parcelas homogéneas de olivar en las que se estudiaron los suelos y se tomaron muestras de hojas tal como hemos expuesto en el apartado 3.3. Las localidades y número de muestras recogidas en cada una de ellas fueron las siguientes: Baeza (14 muestras), Bedmar (2), Bejijar (2), Canena (10), Ibros (8), Iznatoraf (6), Lupión (2), Sabiote (6), Torreperogil (6), Ubeda (16), Villacarrillo (41) y Villanueva del Arzobispo (7), procurándose que los olivares, todos ellos de la variedad Picual, estuviesen implantados en los diferentes tipos de suelo, así como cultivados con sistemas de cultivo, edades y marcos de plantación también diferentes.

En cada una de las 120 parcelas de olivar muestreadas y en base al Mapa de Suelos de la Provincia de Jaén se clasificaron los suelos, estando previsto el estudio detallado de las características físicas y químicas de los mismos (textura, pH, carbonatos totales, caliza activa, materia orgánica, capacidad de cambio catiónico, tipo de arcillas y su contenido en los diferentes elementos, además de la capacidad de campo y punto de marchitamiento). En cada parcela visitada se anotó además la posible existencia de síntomas visuales en los olivos que pudieran atribuirse a alguna deficiencia nutricional.

### 5.1.2.- Características de los suelos de olivar de la comarca y su implicación en la fertilización

Aunque los resultados que presentamos deben considerarse como provisionales, pues el estudio no está aún totalmente concluido especialmente en su fase analítica en laboratorio, podemos decir que las tipologías de suelos observadas en la comarca, pendientes de comprobación con el total de la analítica, son bastantes homogéneas. Se clasifican (Nomenclatura FAO) a primer nivel como Regosoles, Cambisoles y Calcisoles. Los Regosoles se diferencian en calcáricos y vérticos cuando la textura fina del horizonte Ap es debida a una considerable cantidad de arcillas de tipo esmectítico que a su vez confieren al suelo propiedades vérticas, es decir, presentan fisuras, slickensides, agregados paralelepípedos o en forma de cuña, que no están combinados o no son suficientemente netos como para calificar los suelos como Vertisoles. La misma división se establece para los Cambisoles, también son cálcicos o vérticos, pero en este caso los suelos desarrollan un horizonte B cámbico que los diferencia de los Regosoles. En lenguaje coloquial el agricultor engloba como campiñas los suelos a los que nosotros hemos denominado Regosoles y Cambisoles vérticos, y a la denominación calares a los Cambisoles cálcicos, suelos pedregosos (piedra caliza) en superficie y de color rojo, mientras que la denominación Calcisoles incluye los denominados blancos por el oliverero, suelos blancos con gran cantidad de cal y poco fértiles, en los que vegetan olivares poco vigorosos y en muchos casos decrepitos. En la Tabla 4 presentamos características de los suelos estudiados.

**Tabla 4:** Tipos de suelos. Horizontes principales. Textura. pH. Carbonatos y humedad.

Tipos de suelos F.A.O.			Textura			PH	% CO <sub>2</sub> Ca	
Primer nivel	segundo nivel	nombre común	Horizontes principales	% arena	% limo			% arcilla
Regosol	calcárico	Campiña	Ap	20,3	39,7	40	8,0	35,0
			C1	18,8	40,6	40,6	8,2	37,6
			C2	11,4	51,5	37,1	8,4	22,4
Calcisol	pétrico	Blancos	AP	24,2	40,1	35,7	7,8	32,7
			AC	10,7	46	43,3	7,9	40,2
			Cmk	16,4	47,2	36,4	8,0	67,6
Cambisol	cálcico	Calares	Ap	24,8	34	41,2	7,8	45,6
			Bw	23,4	32,2	44,4	8,2	41,0
			Ck	15,1	43,2	41,7	8,2	70,0

Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo y del abonado del olivo, estas diferencias taxonómicas en los suelos podrían ser importantes porque afectan al contenido y disponibilidad por la planta de un nutriente fundamental, el potasio. Y es así ya que las disponibilidades en dicho nutriente están relacionadas a su vez con el tipo y porcentaje de arcilla en el suelo. Así, la presencia de propiedades vérticas esta

asociada a la Esmectita, mientras que en los suelos donde no se dan estas propiedades en nuestra comarca, es la Illita el mineral de la arcilla mayoritario.

La Illita se caracteriza porque equilibra parcialmente el déficit de carga con  $K^+$  en posición interlaminar. Este potasio queda fijado por lo que no es intercambiable y no está a disposición de las plantas. Al quedar bloqueadas las sedes de intercambio, la capacidad de cambio catiónico es menor de lo que cabría esperar atendiendo a las sustituciones isomórficas. Con el paso del tiempo y la alteración, este potasio sería liberado con lo que constituye una reserva de este elemento en el suelo. Pero de manera inmediata no está a disposición del árbol y, además, afecta a la eficacia del abonado potásico ya que la Illita, como ya hemos apuntado, tiende a secuestrar este elemento.

Las Esmectitas son un grupo de minerales de la arcilla en los que los complejos de superficie con cationes hidratados son de esfera externa, por lo que los cationes son fácilmente intercambiables. Su propiedad más destacable es su implicación en la capacidad de expansión-retracción interlaminar por el humedecimiento y el secado. Ello se debe a su estructura que posibilita la hidratación de los cationes interlaminares provocando la separación de las laminas. Su capacidad de cambio catiónico es también alta.

Estas características contribuyen a que en aquellos suelos en los que las Esmectitas predominan (campiñas), y por tanto las propiedades vérticas, las cantidades de potasio disponible para las plantas sean también mayores. Ocurre así por ejemplo en algunas muestras como la correspondiente un suelo clasificado provisionalmente como Regosol vértico, en la que se determinó una concentración de potasio de 78,7 mg/100g de  $K_2O$ , el más alto observado hasta el momento en el estudio y que contrasta con otros valores tan bajos como 9,4 mg/100 g de  $K_2O$  en algún horizonte de un suelo clasificado como Calcisol pétrico (blancar).

En cualquier caso, como se dijo al principio, todos estos resultados deben ser aún minuciosamente estudiados y, dado que no siempre las relaciones son tan claras, debemos prever máximas concentraciones de potasio donde se observan síntomas de presencia de Esmectitas (campiñas) y mínimos en donde parecen ser las Illitas las arcillas dominantes (calares). Será necesario en este caso un estudio de identificación de la tipología y proporción de las arcillas presentes en cada caso.

En todas las muestras analizadas hasta el momento en la comarca, el grado de saturación en bases es del 100%, siendo el calcio el catión dominante y el sodio el más minoritario. En la Tabla 5 se presentan datos analíticos de suelos representativos de la comarca.

En la mayoría de los casos la roca madre originaria del suelo es una marga o margocaliza, y a veces también se presenta de una costra caliza endurecida. La naturaleza de la roca madre influye en el hecho de que en los perfiles exista una alta

proporción de carbonato cálcico que, en ocasiones, alcanza valores superiores al 60%, con las implicaciones que ello supone en el manejo correcto del suelo.

**Tabla 5:** Niveles de elementos nutritivos. Bases de cambio. Capacidad de cambio. Grado de saturación en bases. (continuación Tabla 4)

Tipos de suelo		Horizontes	%		mg/100g		cmol <sup>+</sup> x Kg <sup>-1</sup>					%
			C.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.E.C	
Regosol	calcárico	Ap	1,7	0,14	14,2	44,3		2,9	0,04	0,9	22,3	100
		C1	0,9	0,09	3,0	30,6	Sat	4,5	0,1	0,7	27,8	100
		C2	0,8	0,07	4,1	3,6		3,0	0,12	0,5	26,2	100
Calcisol	pétrico	Ap	1,49	0,09	5,34	41,0		2,47	0,02	0,87	19,8	100
		Ac	0,3	0,06	5,32	22,1	Sat	2,52	0,02	0,47	22,9	100
		Cmk	0,4	0,02	4,09	12,7		2,2	0,02	0,27	21,3	100
Cambisol	cálcico	Ap	0,89	0,08	18,0	62,2		4,6	0,4	1,3	17,0	100
		Bw	0,88	0,09	6,6	32,9	Sat	6,5	0,4	0,7	19,8	100
		Ck	0,37	0,04	2,3	4,7		4,6	0,4	0,1	10,5	100

El contenido en materia orgánica supera en la mayor parte de las fincas estudiadas el valor de 1,10% en los 30 centímetros más superficiales, disminuyendo en profundidad. Existen zonas (bajo la copa de los árboles) y debido a la acumulación de restos vegetales (hojas fundamentalmente) en las que este valor aumenta, llegando a valores de hasta el 3%, mientras que en otras fincas hemos detectado valores muy inferiores incluso en superficie, del orden de 0,3%. Sin embargo los extremos son minoritarios en las muestras estudiadas hasta el momento.

### 5.1.3.- Estado nutritivo de las plantaciones de olivar de la comarca

En la Tabla 6 presentamos los valores medios de las concentraciones en hoja de cada uno de los nueve nutrientes analizados, en ella damos igualmente, como referencia, los valores considerados como adecuados para cada uno de los elementos para muestreos realizado en esta época del año. Podemos observar como los valores medios de todos los nutrientes están por encima de los niveles de adecuación, lo que muestra el buen estado nutritivo de los olivares de la comarca para el año 1996 en el que se ha realizado este primer estudio, año en el que la pluviometría media en la zona superó los 600 mm, lo que sin duda ha influido en estos buenos resultados. Cuando se redactan estas líneas no disponemos de los resultados analíticos correspondientes al muestreo realizado en julio de 1997.

En el conjunto de las 120 muestras tomadas en 1996, solo 7 presentan valores inferiores al adecuado en N, siendo el K el elemento que plantea mayores problemas desde el punto de vista de la nutrición, ya que aunque solamente una muestra presen-



ta valores de deficiencia, otras 40 muestras presentan valores por debajo del adecuado, por lo que se debe prestar una máxima atención en la fertilización con este elemento. En 5 muestras existen valores no adecuados en Ca y 2 muestras presentan un contenido en Mg no adecuado. Para los elementos P, Mn, Zn, Cu, y B todas las muestras presentan valores por encima del adecuado.

Pensamos que, independientemente de las prácticas de abonado, los problemas con K derivan de los tipos de suelo de la comarca, en los que es normal un alto contenido en arcillas (Illita y Esmectita) y en carbonato cálcico, lo que favorece el bloqueo y escasa disponibilidad de este elemento. Si profundizamos un poco en los datos del contenido de K en hoja obtenidos, podemos decir que del conjunto de las 40 muestras con contenido no adecuado, solo 13 muestran valores realmente bajos, mientras que 28 muestras presentan valores en el intervalo 0,7-0,8, valores que en un año de buena cosecha, como lo fué 1996, pueden ser considerados casi como adecuados, y no así en un año de descarga, existiendo referencias de ensayos de campo en los que con concentraciones en hoja en dicho rango no se han encontrado respuestas a la fertilización potásica (Figura 3).

**Tabla 6:** Valores medios de las concentraciones de los diferentes nutrientes analizados en hojas de olivo en la comarca de la Loma.

Elementos	Media	Desviación Típica	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor critico adecuado
N %	1,68	0,13	2,02	0,98	mas de 1,5
P %	0,12	0,01	0,16	0,08	mas de 0,1
K %	0,81	0,11	1,22	0,35	mas de 0,8
Ca %	1,41	0,24	2,61	0,83	mas de 1
Mg %	0,15	0,03	0,23	0,09	mas de 0,1
Mn %	41	13	101	21	mas de 20
Zn (ppm)	19	4	35	13	mas de 10
Cu (ppm)	13	5	45	5	mas de 4
B (ppm)	34	4	46	23	mas de 19

El tipo de suelo parece inducir ciertas diferencias en el estado nutritivo de los olivares (Tabla 7). Con respecto al N, elemento más amplia y abundantemente empleado en la fertilización en la comarca, no se observan diferencias en los valores medios observados en los distintos tipos de suelo. En los Calcisoles, a los que como ya hemos dicho el agricultor denomina blancos, suelos que presentan un alto contenido en carbonato cálcico y caliza activa, así como bajas concentraciones de potasio asimilable, los olivares muestran el peor estado nutritivo, con valores medios de P, K, Ca, Mn y Cu más bajos que los observados en los suelos de campiña (Cambisoles vérticos y Regosoles). Con respecto a estos dos tipos de suelos, en los calares (Cambisoles cálcicos) los olivos presentan concentraciones en hoja significativamente más bajas en K y Mn.



**Tabla 7:** Influencia del tipo de suelo sobre la concentración de nutrientes en hojas en olivares de la comarca de La Loma.

Tipo suelo	Numero Muestras	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)
Cambisoles cálcicos	13	1,68	0,12	0,75	1,39	0,15	31	18	14	34
Cambisoles vérticos y Regosoles	93	1,68	0,12	0,83	1,43	0,14	44	19	14	34
Calcisoles	9	1,69	0,10	0,78	1,13	0,16	34	16	11	31

En el caso del potasio la explicación podría encontrarse en la mayor proporción de Illita en la fracción arcilla en los calares, lo que ocasiona una mayor adsorción de este nutriente, lo que puede reducir su concentración en la solución del suelo.

Independientemente del tipo de suelo, el riego parece modificar ligeramente el estado nutritivo de los árboles (Tabla 8), observándose en regadío mayores concentraciones en todos los nutrientes, teniendo relevancia las diferencias observadas en Ca y Mn. Tengamos en cuenta que el año 1996 fue lluvioso, por lo que el secano dispuso a lo largo de la primavera y verano de adecuadas disponibilidades de agua, por lo que las diferencias riego/secano fueron menores que en los años secos, tal como se observó claramente en un estudio preliminar realizado en 1994 (datos no presentados) en la zona de Villacarrillo.

**Tabla 8:** Influencia del riego sobre la concentración de nutrientes en hoja en las plantaciones de olivar de la comarca de La Loma.

Cultivo	Número muestras	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)
Secano	49	1,68	0,11	0,80	1,32	0,14	35	19	13	32
Riego	71	1,69	0,12	0,82	1,47	0,15	46	19	14	35
Tipo de riego (1)										
IR	42	1,69	0,12	0,82	1,47	0,16	49	18	13	34
RA	21	1,68	0,12	0,82	1,37	0,15	42	20	16	36
RAR	8	1,73	0,12	0,82	1,69	0,14	42	20	16	38

- (1) RI = riego con dotación equivalente a unos 1.500 m<sup>3</sup>/ha en plantación tradicional  
 RA = riego de apoyo  
 RAR = riego con aguas residuales de la población.

En cuanto a la modalidad de riego, los árboles regados con aguas residuales de población (Tabla 8) presentaron mayores contenidos en Ca, no observándose grandes diferencias en los contenidos de los restantes elementos analizados, siendo algo más alta la concentración de N en hoja.

La edad del olivar (Tabla 9) influyó también sobre las concentraciones en hoja de N, K, Ca y Mn, observándose en árboles jóvenes unos mayores contenidos que en los adultos (más de 50 años), si bien los valores medios observados en los diferentes elementos son adecuados en todas las edades.

**Tabla 9:** Influencia de la edad de los árboles sobre la concentración de nutrientes en hojas en plantaciones de olivar en la comarca de La Loma.

Edad (años)	Número Muestras	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)
< 10 años	6	1,78	0,13	0,89	1,58	0,14	72	20	15	33
10-20 años	15	1,68	0,12	0,81	1,54	0,15	51	20	13	34
20-50 años	35	1,65	0,12	0,82	1,43	0,15	44	20	14	33
> 50 años	64	1,70	0,12	0,80	1,34	0,15	35	18	13	34

El sistema de laboreo ha tenido escasa influencia sobre el estado nutritivo de los olivares, presentando valores similares los olivos cultivados en régimen de laboreo reducido y los labrados de forma convencional. Las concentraciones en hoja de N, P, Ca y Mn son inferiores en el olivar sometido a no-laboreo con suelo desnudo, si bien estas diferencias no deben ser atribuidas al sistema de cultivo, sino al tipo de suelo, ya que en la comarca los olivareros aplican el NL preferentemente en los Cambisoles cálcicos (calares), suelos bastantes pedregosos, lo que dificulta el laboreo, por lo que emplean esta técnica de cultivo.

Por último, en estudio realizado sobre árboles con edades comprendidas entre 10 y 50 años, el sistema de plantación parece tener también escasa relevancia en el estado nutritivo de los olivos, presentando similares estados nutritivos los árboles cultivados con marco tradicional (menos de 100 olivos/ha) y las plantaciones intensivas (más de 150 olivos/ha).

#### 5.1.4.- Recomendaciones de abonado en la comarca

El estado nutritivo de las plantaciones de olivar de la comarca de La Loma en 1996 parece satisfactorio en la gran mayoría de los olivares muestreados, en lo que puede haber influido: a) los tipos de suelo en los que vegeta el olivar, que en la mayoría de los casos son bastante aptos y fértiles; b) el hecho de que 1996 fue un año lluvioso, lo que contribuyó a la movilización de los nutrientes del suelo; c) que en el año anterior, 1995, la cosecha fue escasa o nula en muchos de los olivares muestreados; y d) que en gran parte de los olivares los agricultores abonan generosamente sus árboles, datos que en esta publicación no analizamos.

A pesar de que muchos técnicos están aconsejando el empleo de micronutrientes, y en especial el boro en sus fórmulas de abonado, los resultados analíticos no muestran la necesidad de emplear estos elementos en la fertilización, ya que el suelo parece suministrarlos en cantidad suficiente para este cultivo.

El potasio parece que es el elemento al que hay que prestar mayor atención en la fertilización del olivar de la comarca, en especial en determinados suelos que denominamos blancos y calares, en los que debido al bajo contenido en  $K_2O$  o al tipo de arcillas, las disponibilidades reales de K pueden ser insuficientes. En estos casos, la aportación de este elemento debería hacerse vía aplicación foliar, lo que evitaría los problemas de bloqueo en el suelo. De cualquier modo, los resultados del análisis de hoja siempre serán los que nos muestren la necesidad o no de abonar. Sin embargo, recomendamos la aplicación foliar de K cuando se hacen los tratamientos fitosanitarios típicos del olivar

A pesar de los adecuados niveles de N observados, que teóricamente sugieren la posibilidad a corto plazo de no abonar, pensamos que en una comarca con un alto nivel productivo medio, la fertilización con este elemento debe recomendarse, supeditando la dosis de abonado al contenido de N en hoja y al nivel productivo de las plantaciones. Pensamos que en olivar con marco tradicional aplicar anualmente dosis moderadas de N (0,6-1,0 kg/olivo) es lo más recomendable, evitando las aportaciones excesivas, teniendo en cuenta las altas concentraciones encontradas en la hoja, lo que además de hacer ineficaz una mayor cantidad de abono, contribuiría a crear problemas de manejo de las plantaciones por exceso de vegetación y de contaminación del medio y acuíferos por nitratos. En los olivares con deficiencia en N es recomendable el abonado al suelo a mayores dosis y/o recurrir a aportaciones foliares de urea para corregir rápidamente la deficiencia.

La fertilización con fósforo tampoco parece muy necesaria en la mayoría de las parcelas estudiadas, por un lado porque el estado nutritivo en este elemento es satisfactorio, y por otro porque los suelos parecen bien dotados en este elemento, y en esta situación no suele encontrarse respuesta a la fertilización P, tal como lo demuestran los trabajos a largo plazo realizados por la Estación de Olivicultura de Jaén en la comarca.

Por último, en los blancos suelen presentarse problemas de clorosis férrica (Fotografía 8), sintomatología que va asociada a un descenso en el nivel productivo de las plantaciones si no se procede a su corrección. En un olivar de la comarca cultivado en este tipo de suelo se realizó un experimento en el que la aplicación de quelatos EDDHA de hierro al suelo, proporcionó unos importantes aumentos de producción (Figura 5). En estos suelos la aplicación de P por vía foliar (Fosfato monoamónico 2-3 %) puede ser también recomendable.

## 5.2.- APLICACIÓN A LA COMARCA DEL SECTOR ESTE DE SIERRA MORENA

Al plantearnos el estudio de los suelos dedicados al cultivo del olivo en la comarca de Sierra Morena pretendíamos muestrear al menos los tipos más representativos de los que pudieran dedicarse a tal fin en la comarca.

En el mismo estudio realizado en la comarca de la Loma, este fin se cumplió sobradamente. Teníamos a nuestro favor dos hechos decisivos: por una parte disponíamos de una valiosa información reflejada en distintos mapas de suelos (el Mapa a escala 1:200.000 de la provincia de Jaén y, los más útiles en nuestro caso, los Mapas a escala 1:50.000 de Villacarrillo, Úbeda, Baeza y Linares, que abarcaban toda la superficie de la comarca). Por otra parte, los suelos eran muy homogéneos, de ahí que resultara especialmente sencillo establecer parámetros generales de fertilidad en los mismos.

En la comarca de Sierra Morena la información de partida era mucho más limitada, ya que solo disponíamos del mapa de suelos a escala 1:200.000 de la provincia de Jaén, no así de la hoja de La Carolina a escala 1:50.000, clave para el conocimiento de los tipos de suelos.

Empezando el estudio en la zona, el problema se agravó cuando observamos que, en un espacio tan reducido como el comprendido entre las coordenadas 30SVG460310 y 30SVG460280, existían hasta seis tipos diferentes de suelos, cada uno de los cuales presentaba unas peculiaridades tan características desde el punto de vista de su génesis y fertilidad que hacía imposible resumir y aunar resultados para tipos generales, como pretendíamos y de hecho estamos realizando para la comarca de La Loma.

Siendo por tanto imposible hablar de tipos generales, y ante la enorme variedad de suelos encontrados, adoptamos dos decisiones:

- 1) ampliar los próximos el muestreo en la comarca, no dando, pues, por terminado el estudio de los suelos en la misma, mientras no se estudien las localidades de Vilches, Arquillos y zona de La Fernandina y Guadalén.
- 2) presentar todos los tipos diferentes de suelos estudiados hasta el momento, con las problemáticas particulares detectadas en los mismos, sin generalizaciones geográficas amplias al menos hasta que el trabajo posterior no nos lo aconseje así.

En realidad, al presentar estos resultados sin disponer de un mapa de suelos en el que situar geográficamente cada tipo estudiado, confiamos en la capacidad del lector para reconocer, dentro de los suelos presentados aquéllos que correspondan a su interés particular. Con este fin, al nombre que le corresponde en la clasificación FAO, le hemos añadido el nombre con el que los agricultores de la zona los conocen.

Como hemos dicho, nos ha sido imposible establecer criterios generales aplicables a toda la comarca por lo que hemos restringido los resultados al sector Este de Sierra Morena lugar en el que hemos desarrollado el trabajo más detallado.

### 5.2.1- Planteamiento del trabajo

Para el estudio de los suelos de olivar de esta comarca se seleccionaron 33 parcelas, en un intento de encontrar una representación amplia, tanto de los tipos de

suelos como de las diferentes técnicas de cultivo. Estas parcelas se localizan en los términos municipales de Linares, Baños de La Encina, Navas de Tolosa, Guarroman, Carboneros y La Carolina.

En cada parcela se estudiaron previamente las características del terreno circundante y del lugar exacto elegido para la realización de calicatas que se procuró fuera representativo de la zona. Estas tenían una profundidad que abarcaba todo el suelo o, al menos, en aquellas más profundas, toda la zona de enraizamiento.

Después de identificar los horizontes presentes en cada perfil, tomamos una muestra representativa de cada uno de ellos y la trasladamos al laboratorio para analizar sus características físicas y químicas (textura, pH, carbonatos totales, materia orgánica, capacidad de cambio, humedad, bases de cambio, fósforo y potasio asimilables, nitrógeno). Los niveles más representativos de estos análisis se presentan en las Tablas 10 y 11. Con todos estos datos se procedió a la clasificación de los suelos.

Además, y de forma paralela, realizamos también una encuesta a los dueños de las plantaciones sobre las fertilizaciones realizadas en años anteriores, los sistemas de cultivo y el nivel productivo, en un intento de correlacionar los datos obtenidos con la situación real

### **5.2.2.- Caracterización de los suelos**

En el sector de referencia nos encontramos diversos tipos de suelos: Regosoles, Calcisoles, Leptosoles y Cambisoles. Las características principales de estos son:

#### **REGOSOLES**

En nuestro caso se limitan a los suelos de coluvión. Se trata de suelos profundos, a veces con una pedregosidad apreciable que varía con la profundidad, sometidos a una erosión laminar y en surcos moderados, húmedos a partir de los 60 u 80 cm y, a veces, con hidromorfia en profundidad.

Son suelos antiguos, de génesis muy compleja, formados por depósitos de materiales de distintas épocas que, en ocasiones, han alcanzado una alta evolución. Esta complejidad genética queda reflejada tanto en la secuencia de horizontes (Ap, C, 2Bt1, 2Bt2g, en el perfil de la fotografía), como en el resultado del análisis granulométrico. En este último se observa un cambio textural acusado de unos horizontes a otros (Tabla 10).

En el transcurso de su evolución han sufrido procesos de decarbonatación en los horizontes superiores, o que implica el escaso contenido en carbonato cálcico que presentan y la acumulación de dicho material que se observa a veces en profundidad. Sin embargo, como consecuencia de su gran antigüedad, este proceso se ha invertido en algunos horizontes, y, aunque la concentración de carbonato cálcico

medida sigue siendo muy pequeña el calcio de cambio suele saturar el complejo de cambio influyendo en los valores de pH básicos o cercanos a la neutralidad.

A nivel de nutrientes, los niveles de potasio de cambio son en general bajos en superficie y disminuyen de forma drástica en profundidad. También en potasio asimilable, teniendo en cuenta el tipo de cultivo (secano la mayor parte de los suelos analizados) y la textura de estos suelos, se observan valores bajos. No obstante, en el análisis foliar, los niveles de potasio medidos entran dentro de la normalidad y se observa un aumento de los mismos en el segundo año, probablemente como consecuencia de la climatología más favorable.

**Tabla 10:** Tipos de suelos. Horizontes principales. Textura. pH. Carbonatos y humedad. Comarca de Sierra Morena.

Tipos de suelos F.A.O.		nombre común	Horizontes principales	Textura			pH	% CO <sub>2</sub> Ca
Primer nivel	segundo nivel			% arena	% limo	% arcilla		
Regosol	eútrico	suelos de coluvión	Ap	78,2	14,5	7,5	6,2	0
			C	69,1	18,2	12,7	5,8	0
			2Btl	42	12,1	45,9	6,5	0
			2Bt2g	48,5	16	35,7	6,7	0
Calcisol	háptico	blancares	Ap	67,2	13	19,7	8,6	17,7
			Ck	73,8	20	6,1	8,9	40,1
	lúvico	tipo rubial	Ap	38,2	16,2	45,6	8,3	6,2
			Bt	16,3	13,4	70,2	8,0	4,3
			Ck	28,1	41,9	30	8,4	63,3
Leptosol	eútrico	suelos de pizarra	Ap	59,1	25,9	14,9	6,0	0
	eútrico	suelos de costra caliza	Ap	50	29,3	20,8	8,5	11,1
			Ck	43,9	37,6	22,9	8,2	66,6
Cambisol	eútrico	chinorral	Ap	8,6	11,9	6,5	6,8	0,5
			Bw	83,1	10,2	6,7	6,7	0,7
			C	88,3	7,4	4	6,6	0,2
	calcárico	campiña	Ap	53,9	16,3	29,7	8,1	3,9
			Bw	32,9	28,9	38,1	8,2	30,8
			Ck	35,6	45	19,4	8,5	53,3

Los contenidos en materia orgánica son bajos, como en la mayor parte de los suelos de la comarca (Tabla 11), y disminuyen más de un 50% en el horizonte subsuperficial. Sin embargo, como veremos en otros casos, no son de los menores de la comarca.

Los niveles de fósforo medidos son medios-bajos y en ocasiones muy bajos, sobre todo en los horizontes interiores por lo que, aunque no aparecen deficiencias de este elemento en el análisis foliar, es un elemento a tener en cuenta a la hora del abonado dada la escasa reserva del mismo en el suelo.

**Tabla 11:** Niveles de elementos nutritivos. Bases de cambio. Capacidad de cambio. Grado de saturación en bases. (continuación Tabla 10)

Tipos de suelo		Horizontes	%		mg/100g		cmol <sup>+</sup> x Kg <sup>-1</sup>					%
			C.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	C.E.C	
Regosol	eútrico	AP	0,7	0,05	12,8	14,1		0,7	0,01	4,4	0,03	5,9
		C	0,4	0,04	15,1	4,7	Sat.	0,6	0,1	22	0,2	22,8
		2Bt1	0,3	0,05	4,0	9,4		3,3	0,3	100	0,1	100
		2Bt2g	0,2	0,03	5,3	9,4		4,2	0,2	100	0,2	100
Calcisol	háplico	Ap	0,5	0,07	4,3	18,8	Sat	0,3	0,03	0,4	10,5	100
		Ck	0,5	0,02	2,1	1,4		0,2	0,03	0,03	4,5	100
	lúvico	Ap	1,0	0,1	11,7	61,2	22,3	1,0	0,04	1,3	22,9	100
		Bt	0,7	0,1	3,6	61,2	32,8	1,6	0,1	1,3	34,9	100
		Ck	0,35	0,03	10,2	14,1	Sat.	1,1	0,1	0,3	12,4	100
Leptosol	eútrico (suelo de pizarra)	Ap	0,52	0,11	4,9	14,1	4,6	1,7	0,04	0,3	9,0	74
	eútrico (Suelos de costra caliza)	Ap	1,42	0,1	10	23,5	Sat.	0,7	0,03	0,5	14,7	100
		Ck	1,11	0,1	9,8	9,4		0,7	0,2	0,2	12,5	100
Cambisol	eútrico	Ap	0,4	0,06	10,6	9,41	3,6	0,3	0,01	0,2	4,9	84
		Bw	0,3	0,04	9,3	9,41	2,7	0,2	0,03	0,2	4,1	76
		C	0,2	0,03	7,7	4,7	1,5	0,2	0,03	0,1	1,9	96
	calcárico	Ap	0,94	0,12	22,7	65,9	17,2	1,0	0,03	1,4	18,6	100
		Bw	0,58	0,08	16,4	32,9	Sat.	1,0	0,04	0,7	18,4	100
		Ck	0,36	0,05	13,6	14,1	Sat.	0,8	0,04	0,3	12,7	100

## CALCISOLES

En la comarca hemos estudiado dos tipos de suelos que en la clasificación reciben este nombre porque ambos presentan un horizonte de acumulación de carbonato cálcico dentro de una profundidad de 125 cm (mucho menor en nuestro caso) a partir de la superficie. A pesar de esto tienen características muy diferentes. Así, Calcisoles son los llamados «blancos» y los denominados «rubios».

Los «blancos» se caracterizan por presentar a escasa profundidad, unos 20 o 25 cm, el horizonte de acumulación de carbonato cálcico y magnésico, de color



blanco, que es causa del nombre con el que estos suelos son conocidos. A veces este horizonte se sitúa en superficie o muy próximo a ella cuando los procesos erosivos han sido más intensos. Curiosamente, quizás por las características del material, las raíces de los árboles no penetran en esta capa. De este hecho se deriva que, tanto la nutrición como las necesidades de agua, sólo se puedan cubrir con las reservas de esos primeros 25 cm, lo que condiciona y limita mucho la fertilidad de estos suelos.



**Fotografía 9:** Calcisol pétrico (blancar) de la comarca de la Loma. Se trata de suelo muy pobre, con un alto contenido en carbonato cálcico y una escasa fertilidad, en los que la aplicación de un correcto programa de abonado es fundamental.

A pesar de esta característica (ausencia de raíces en el segundo horizonte), recogimos muestras del mismo y las analizamos en el laboratorio. En todos los casos



resultaron horizontes muy pobres en carbono orgánico, fósforo, nitrógeno y, de forma muy llamativa, en potasio asimilable. En el análisis granulométrico también las cantidades de arcilla disminuían de forma importante con respecto al horizonte superior, aumentando, por el contrario, los niveles de arena fina y muy fina, que en el resumen que presentamos (Tabla 10) se reflejan en la cantidad de arena total. La capacidad de cambio catiónico, debido a las pequeñas cantidades de arcilla y materia orgánica presentes, también disminuía de forma importante, a veces más de un 50%, con respecto al horizonte suprayacente.

Se observaba un aumento considerable del pH, alcanzando valores próximos a nueve, y del contenido en carbonatos (más de un 60%), datos ambos que parecen explicar la escasa fertilidad de estos horizontes.

Sólo un manejo adecuado, en el que deben incluirse sistemas de laboreo reducido o nulo que permitan el óptimo aprovechamiento de la capa más superficial por las raíces, así como aquellas las prácticas que impidan o disminuyan la erosión, puede mejorar la productividad del olivo en este tipo de suelos.

Los «rubiales» son suelos muy antiguos que en el transcurso de su evolución han pasado por distintos episodios de edafogénesis. Como rasgos más destacados de los mismos quedan esa impresionante acumulación de arcilla en el horizonte Bt, más de un 70 %, y de carbonato cálcico en el horizonte Ck, como una capa endurecida por el mismo y con valores superiores al 60 %.

Estos hechos nos hablan de períodos muy húmedos, en los que han predominado procesos de lavado y arrastre de sustancias. Carbonatos primero y arcilla a continuación. Pero también esas coloraciones rojizas, de las cuales procede el nombre popular, informan de períodos alternativos secos en los que las sustancias movilizadas han precipitado y en los que han tenido lugar episodios de oxidación de elementos, hierro fundamentalmente.

La evolución climatológica posterior ha favorecido la eliminación de los horizontes superiores por erosión, de forma que, actualmente, el horizonte que nos encontramos en superficie es en realidad un antiguo horizonte B formado a otra profundidad mayor.

El proceso de lavado de carbonatos debió ser muy intenso, como lo demuestra la potencia del horizonte Ck. Además, para que pueda movilizarse la arcilla, es necesaria una decarbonatación previa total, ya que el calcio actúa como un cemento coloidal que impide la dispersión de la arcilla. Sin embargo, observando los datos analíticos presentados en la Tabla 10, se ve una recarbonatación que debe ser obligatoriamente posterior, que empieza en la superficie del perfil y que alcanza el horizonte subyacente con valores algo interiores.

Estos valores se reflejan en el pH que, como puede observarse en la Tabla 10, varía con la cantidad de carbonato medida en la muestra.



**Fotografía 10:** Rubial (Calcisol lúvico) en el término municipal de Carboneros. La acumulación de arcilla a relativamente escasa profundidad y de caliza (más del 70 %) en profundidad, restringen de desarrollo de raíces al horizonte más superficial, convirtiendo a estos suelos en muy encharcadizos en años húmedos. La utilización de sistemas sin laboreo puede ser en este caso muy recomendable.

El nivel de fertilidad química de estos suelos, al contrario de lo que ocurría con los «blancos», es mejor. Incluso, en el caso del potasio asimilable, los valores obtenidos son muy altos teniendo en cuenta la textura arcillosa y el régimen de secano del cultivo.

El carbono orgánico, tan bajo en todos los suelos estudiados, es en este caso algo mayor (Tabla 11), y, aunque en las tablas de niveles de nutrientes se sigue situando en el tramo de bajo, se aproxima bastante a los valores considerados como normales y no disminuye de forma tan drástica en profundidad como en otros casos, si no que lo hace

de forma progresiva. Relacionando estos valores con los del nitrógeno obtenemos una relación C/N próxima a 10 en todo el perfil, interpretada como signo de equilibrio entre los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica en el suelo.

La alta concentración de arcilla en los horizontes superiores es la responsable de algunas características químicas favorables, sobre todo de la capacidad de cambio catiónico (tan alta que favorece la retención de nutrientes e impide su rápido lavado), pero también lo es de algunas propiedades físicas no tan favorables desde el punto de vista del cultivo. Así, los agricultores conocen bien que estos suelos son muy duros cuando se secan y muy adherentes en húmedo, y que en ambos estados el laboreo es, cuando menos, difícil.

Exceptuando la dificultad de manejo anteriormente mencionada, y según los datos analíticos tanto de suelos como de hojas, estamos ante materiales muy fértiles desde el punto de vista químico y adecuados para el cultivo del olivo.

## LEPTOSOLES

Como en el caso de los Calcisoles, vistos anteriormente, también existen en la comarca dos tipos de suelos de características diferentes pero que al estar limitados en los primeros 30 cm de profundidad por una roca dura, en unos casos, o por una capa cementada continua en otros, a nivel de clasificación reciben el mismo nombre: Leptosoles.

La principal limitación de la productividad en ambos, una de las más bajas de la comarca, es precisamente ese escaso desarrollo del perfil del suelo, que oscila, según sean las posiciones más o menos favorables, entre 20 y 30 cm de profundidad. Pero, además, en algunos casos, tampoco el resto de los elementos nutritivos estudiados presentan niveles adecuados, como veremos a continuación.

Uno de los dos grupos de suelos incluidos en esta denominación se corresponde con aquellos desarrollados sobre pizarras y que, observando el mapa litológico, ocupan una superficie importante en la comarca.

Se trata casi con seguridad, de los suelos más pobres de todos los estudiados. Presentan niveles muy bajos en Carbono orgánico y fósforo y bajos en potasio asimilable.

En el análisis foliar de los dos años estudiados aparece una disminución apreciable en muchos elementos, a pesar del aumento de las lluvias de un año a otro, lluvias que han contribuido a un proceso totalmente contrario en el resto de las muestras analizadas.

El pH es ácido debido al tipo de roca madre, y, a pesar de que la capacidad de cambio es muy baja (tiene poca materia orgánica y poca arcilla), el suelo está insaturado.



**Fotografía 11:** Leptosol eutrico, con una característica costra caliza en profundidad que restringe el desarrollo de las raíces a 25-30 cm. de profundidad, lo que limita la productividad del cultivo. En este caso tampoco el contenido en elementos nutritivos presenta unos niveles adecuados.

Sólo un tipo de cultivo apoyado en una fuerte fertilización podría aumentar el rendimiento de los olivos situados sobre estos materiales y en estas posiciones tan proclives a la erosión. Sin embargo, difícilmente podrá solucionarse la falta de suelo. Únicamente puede limitarse la erosión y optimizarse el uso del suelo utilizando técnicas de cultivo apropiadas: régimen de no laboreo o laboreo mínimo. Estas técnicas se recomiendan además por la gran pedregosidad superficial que presentan.

Los suelos de costra caliza, presentan también una gran pedregosidad superficial y una profundidad escasa, al estar limitados en profundidad por la costra. Sin embargo para el resto de parámetros analizados los resultados son muy diferentes. Así, son suelos ricos en arcilla, carbono orgánico, de pH básico y con el complejo de cambio saturado en calcio. Los niveles de fósforo y potasio asimilable oscilan de normales a alto. A pesar de los buenos parámetros químicos, la fertilidad de los olivos es escasa debido, principalmente, a su escasa profundidad.

## CAMBISOLES

Reciben este nombre aquellos suelos que presentan un horizonte Bw, de alteración, como característica más reseñable. Un horizonte de alteración muy evidente puede observarse en la Fotografía 12, perteneciente a un «chinorral». La cantidad, el

tamaño y la forma de las abundantes gravas de estos suelos informan sobre su procedencia: material de arroyadas de ríos existentes en la antigüedad. Los procesos de edafogénesis posteriores han fomentado la aparición de tres horizontes diferentes: 1) Un horizonte Ap superficial, de color más oscuro que el resto, como consecuencia de la acumulación de materia orgánica a este nivel, a pesar de ser esta tan escasa. 2) Un horizonte Bw, de alteración, con una coloración algo más emparecida, por el ligero aumento y las características de las arcillas, y, 3) un profundo horizonte C, muy pobre en todos los sentidos, y en el que lo más abundante es la fracción arena y por supuesto, las gravas, mayoritarias en este tipo de suelos.



**Fotografía 12:** Chinorral (Cambisol eutric) típico de la zona Este de Sierra Morena. Se trata de suelos muy profundos con abundantísimas gravas. Son suelos de pH alrededor de 6, pobres, con deficiencias en prácticamente todos los elementos, cuya única característica positiva estriba en la propia profundidad del perfil, lo que permite a las raíces del olivo explorar un gran volumen de suelo, lo que permite mantener árboles vigorosos y productivos.

Se trata de suelos ácidos, de pH alrededor de 6 e insaturados a pesar de presentar capacidades de cambio muy bajas.

En resumen son, suelos muy pobres, con deficiencias en prácticamente todos los elementos, cuya única característica positiva estriba en esa gran profundidad de perfil que permite a las raíces del olivo explorar un gran volumen de suelo.

Como Cambisoles denomina también la clasificación a los suelos de «campiña» aunque desde el punto de vista de la fertilidad sean totalmente diferentes.



**Fotografía 13:** Los suelos de campiña, en este caso un Cambisol vértico del término de Iznatoraf son bastante abundantes en la comarca de la Loma. En estos suelos los olivos vegetan con extraordinario vigor.

El horizonte Bw se distingue tanto en la coloración diferente como en el enriquecimiento de arcilla (que se observa a ese nivel). Se observa en ocasiones un lavado de carbonatos en los horizontes superiores. Estos carbonatos se acumulan en el horizonte Bw y sobretodo, en el horizonte Ck. A pesar de que esto es observable en los porcentajes de carbonato cálcico medidos, no afecta al pH, básico en todo el perfil, ni al grado de saturación en bases: todo el perfil está saturado.

Los niveles de elementos nutritivos aparecen como óptimos, y la productividad de los olivos que vegetan en este tipo de suelos es de las más altas de la comarca.

### 5.2.3.- Conclusiones relativas a los suelos

En la comarca hemos encontrado una gran variedad de suelos en los que las limitaciones de productividad eran debidas, en unos casos a deficiencias físicas (fundamentalmente escasa profundidad o texturas muy gruesas), y en otros casos a deficiencias químicas, muchas veces consecuencia de las primeras.

Salvo excepciones los suelos son pobres y, debido a ello, las producciones del olivar son bajas. Como se observa en la Tabla 11, en la mayoría de los casos, las cantidades de carbono orgánico son muy deficientes y se sitúan en niveles preocupantes.

Todas las prácticas de cultivo que eviten la erosión (no-laboreo, cultivo con cubierta, etc.), las movilizaciones de los horizontes de acumulación de carbonatos y prácticas como la fertilización, que restituyan algunos de los elementos nutritivos más deficientes pueden dar buenos resultados.

En la comarca de La Loma al llevar a cabo el estudio de los niveles de elementos nutritivos en hoja, se ha observado un aumento significativo de los mismos en el último año con respecto a los observados en el periodo de sequía. La explicación es que las adecuadas precipitaciones han liberado en el suelo parte de esos elementos retenidos en el complejo de cambio y que han podido ser asimilados por los árboles. En la zona de Sierra Morena objeto del estudio, el proceso, en muchas ocasiones, ha sido al contrario, y se ha medido una disminución de la concentración en hoja de algunos elementos como potasio o boro. Esto ha ocurrido fundamentalmente en suelos ácidos, de texturas gruesas y baja capacidad de cambio; suelos en los que la lluvia no libera elementos, sino que los elimina del perfil por lavado, al no existir posiciones de cambio capaces de retenerlos; suelos, en fin, en los que la fertilización debe realizarse de forma cuidadosa y apoyada en análisis periódicos tanto de hojas como de suelos.

Cuando se plantean estudios de fertilidad se piensa sobre todo en los elementos mayoritarios nitrógeno, fósforo y potasio y en las cantidades óptimas a aplicar para obtener los mejores resultados con el mínimo coste.

Sin mermar importancia a este planteamiento, quizás sea necesario tener en cuenta, además de las cantidades de estos elementos mayoritarios en suelo y hoja,



las características físicas de los suelos a los que se aplican, especialmente aquellas que de alguna manera se pueden modificar. Poco se puede hacer para mejorar la escasa profundidad de un suelo. A veces un subsolado o un relleno de material, pero en cualquier caso, son técnicas costosas y de resultados imprecisos, cuando no inútiles en muchas ocasiones. Sin embargo, si sabemos que en un suelo la cantidad de carbonato cálcico es escasa y que, por tanto, las pérdidas de fósforo por lavado pueden ser importantes, podemos entonces programar la fertilización de ese suelo con el material y en el momento adecuado, para minimizar las pérdidas y fertilizar adecuadamente.

Se podría pensar en otros ejemplos con otros elementos como el potasio y la capacidad de cambio catiónico en el suelo.

Nos parece oportuno, y como últimas conclusiones de las observaciones realizadas en la zona, ampliar el muestreo de suelos, al menos a la totalidad de la La Carolina, Vilches y Arquillos de forma que se pueda establecer un mapa de capacidad agronómica completo y delimitar con exactitud el alcance de las áreas problemáticas. También consideramos oportuna la realización de una experiencia de fertilización en la que, además de las cantidades y tipos de abonos a utilizar, se tengan en cuenta las características físicas, que puedan ser corregidas de algún modo y que sean más comunes en la zona.

#### **5.2.4.- Estado nutritivo de las plantaciones de olivar y recomendaciones de abonado para la comarca**

En la comarca se han muestreado un total de 27 parcelas de olivar durante dos años 1996 y 1997, siguiendo la metodología expuesta en esta Monografía.

Los resultados para ambos años se presentan en la Tabla 12, en la que podemos deducir que en función del tipo de suelo en que vegeta el olivo pueden plantearse determinados problemas nutricionales. En esta comarca el elemento más problemático es el Mn, observándose que en 1996 en el 63% de las parcelas las hojas mostraban bajos contenidos en este elemento. En 1.997 el 67% de las parcelas igualmente eran deficientes en este elemento. En los suelos de pH alto es en los que el problema de bajos contenidos en Mn es mayor, mientras que en los suelos de pizarra con pH más bajo y mayor riqueza en Mn, no existió problemas con este elemento.. Por esta razón creemos que excepto en este tipo de suelos es necesaria la corrección de estos bajos niveles mediante aplicación foliar de sulfato de manganeso, aunque en parcelas en los que el contenido en suelo son muy bajos habría que recurrir a su aportación al suelo.

El potasio es otro elemento que ocasionó problemas en algunas de las parcelas. En 1996 el 33% de los olivares muestreados mostraban valores bajos, inferiores al adecuado, mientras que en 1997 solo el 11% mostraba niveles de deficiencia. Los suelos de pizarra, denominados en este trabajo como Leptosol eútrico son los más problemáticos desde el punto de vista de la nutrición potásica. En ellos la aportación



de fertilizantes potásicos al suelo debe ser una práctica recomendable, complementada por aportaciones foliares en otoño y primavera. En de estos últimos suelos se observan igualmente niveles de calcio en hoja por debajo del nivel adecuado, por lo que el encalado para subir algo el pH puede ser igualmente recomendable en los suelos de pizarra. La aportación de cal al suelo debe ser programada por un técnico competente que estudie previamente las curvas de neutralización y las cantidades a aportar según el tipo de material a emplear en el encalado.

Mientras que en 1996 el contenido de boro en hoja era el adecuado en todas las parcelas, en 1997, después de dos años lluviosos, se observaron en 4 olivares niveles por debajo del adecuado. Una vez más los suelos de pizarra con los más problemáticos. En este tipo de suelo la aportación foliar de boro en primavera debe ser recomendado.

El nitrógeno es un elemento que es aportado por la gran mayoría de los olivares. Su contenido en hoja es adecuado en todas las plantaciones. Su aportación a dosis moderada sigue siendo recomendable.

El fósforo, que aparece con niveles adecuados en todos los olivares muestreados, es un elemento que puede ocasionar problemas en algunos de los suelos. En un estudio previo realizado en la comarca en años precedentes, se observaron niveles de deficiencia en este elemento, que en años secos se corrigió mediante aplicaciones foliares de Fosfato monoamónico al 1-2%. En suelos de pizarra la aportación de superfosfato de cal al terreno debe recomendarse, ya que igualmente podría ayudar a corregir los bajos niveles de Calcio encontrados.

Tabla 12: Resultados de los análisis de hoja realizados en la Comarca de Sierra Morena en 1966 y 1997.

Tipo de suelo	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		Cu (ppm)		Mn (ppm)		Zn (ppm)		B (ppm)			
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997		
Término	1,76	1,69	0,12	0,12	0,12	0,12	0,74	0,81	1,44	0,96	0,15	0,11	13	10	18	15	14	14	30	26
Regosol eutríco	1,82	1,69	0,12	0,11	0,11	0,11	0,77	0,8	1,4	1,17	0,13	0,1	16	13	17	17	15	16	26	22
Calcisol haplico	1,82	1,71	0,11	0,11	0,11	0,11	0,85	0,88	1,17	0,86	0,13	0,1	13	12	17	15	16	19	27	22
	1,67	1,69	0,1	0,11	0,11	0,11	0,77	0,83	1,27	1	0,12	0,09	12	10	16	15	14	13	29	23
Cambisol calcarico	1,86	1,72	0,12	0,13	0,13	0,13	0,78	0,92	1,26	0,93	0,13	0,11	16	7	21	19	16	15	28	23
	1,62	1,74	0,1	0,11	0,11	0,11	0,71	0,68	1,13	0,72	0,13	0,09	18	9	19	17	15	17	23	22
Leptosol eutríco	1,83	1,77	0,12	0,13	0,13	0,13	0,69	0,65	1,36	1,12	0,15	0,11	11	8	31	27	16	18	25	26
	1,77	1,74	0,12	0,11	0,11	0,11	0,83	0,87	1,06	0,78	0,13	0,1	13	13	19	16	19	18	24	19
Leptosol eutríco	1,73	2,01	0,13	0,14	0,14	0,14	0,46	0,55	1,34	1,19	0,14	0,12	21	10	24	29	13	14	21	24
Leptosol eutríco	1,73	1,77	0,13	0,12	0,12	0,12	0,39	0,67	1,39	1,13	0,17	0,13	29	8	25	24	14	15	23	25
	1,5	1,78	0,12	0,12	0,12	0,12	0,83	0,92	1,08	1,22	0,14	0,11	10	8	15	17	17	18	29	23
Cambisol eutríco	1,72	1,75	0,13	0,14	0,14	0,14	0,9	0,96	1	0,9	0,11	0,09	16	8	15	17	14	12	19	16
	1,64	1,62	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,91	1,12	1,16	0,14	0,12	10	10	8	15	15	14	24	22
Calcisol luvico	1,62	1,64	0,1	0,1	0,1	0,1	0,84	1	1,48	1,06	0,14	0,11	11	8	18	17	17	13	31	23
	1,84	1,98	0,11	0,12	0,12	0,12	0,78	0,85	1,55	0,98	0,16	0,11	10	7	17	14	15	15	32	22
Carboneros	1,78	1,62	0,11	0,11	0,11	0,11	0,79	0,89	1,36	1,09	0,13	0,11	11	8	18	15	18	19	27	21
Carboneros	1,81	1,77	0,1	0,13	0,13	0,13	0,8	0,88	1,1	0,88	0,15	0,14	8	7	16	19	15	17	30	30
Guarrómán	1,69	1,74	0,1	0,13	0,13	0,13	0,8	0,89	1,32	1,22	0,12	0,1	10	5	18	19	31	13	29	26
Carboneros	1,72	1,8	0,12	0,13	0,13	0,13	0,77	0,93	1,33	1,06	0,14	0,12	15	8	20	19	17	16	33	22
Carboneros	1,72	1,56	0,1	0,11	0,11	0,11	0,86	0,93	1,11	1,13	0,13	0,11	12	7	15	16	19	18	29	21
Carboneros	1,66	1,56	0,09	0,11	0,11	0,11	0,77	0,88	1,15	0,78	0,12	0,09	10	17	17	16	15	15	29	22
Leptosol eutríco	1,8	1,63	0,11	0,11	0,11	0,11	0,7	0,61	0,85	0,78	0,18	0,16	10	11	69	57	20	20	24	19
Leptosol eutríco	1,66	1,47	0,1	0,12	0,12	0,12	0,86	0,7	0,88	0,77	0,17	0,15	13	9	73	49	23	19	24	17
Leptosol eutríco	1,7	1,63	0,11	0,12	0,12	0,12	0,68	0,78	1,18	1,19	0,12	0,11	12	10	21	21	18	18	25	18
Calcisol	1,75	1,9	0,1	0,12	0,12	0,12	0,66	0,85	1,38	1,05	0,13	0,1	8	15	24	22	25	19	27	18
Calcisol	1,92	1,73	0,1	0,12	0,12	0,12	0,66	0,83	1,63	1,1	0,14	0,1	13	12	24	20	18	19	28	23
Calcisol	1,74	1,78	0,11	0,1	0,1	0,1	0,62	0,82	1,58	1,14	0,14	0,09	13	12	24	20	17	16	31	21





