

OLIVICULTURA  
Y ELAIOTECNIA

# Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca

**Sostenibilidad  
de la Producción de Olivar  
en Andalucía**

**SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE OLIVAR EN ANDALUCÍA**

© Edita: Junta de Andalucía.  
Consejería de Agricultura y Pesca  
Publica: Secretaría General Técnica  
Servicio de Publicaciones y Divulgación

I.S.B.N.:

Depósito Legal: SE-0000-2008

Diseño, Maquetación e Impresión: Ideas, Exclusivas y Publicidad. S.L.

## ÍNDICE

Prólogo .....	5
Capítulo 1: El olivar en Andalucía: lecciones para el futuro de un cultivo milenario . . .	7
Capítulo 2. Riego .....	21
Capítulo 3: Erosión y degradación de suelos .....	45
Capítulo 4: Efecto del uso de agroquímicos en olivar sobre la calidad de las aguas . . .	87
Capítulo 5: Olivar y biodiversidad .....	109
Capítulo 6-A: Estrategias de futuro para el sector oleícola andaluz .....	151
Capítulo 6-B: Determinación de zonas de olivar de montaña para restauración de flora y fauna silvestre .....	175
Capítulo 7: Control de plagas .....	189
Capítulo 8: Control de enfermedades causadas por microorganismos .....	225
Capítulo 9: Fertilización .....	267
Capítulo 10: Revisión de los sistemas de producción de olivar en Andalucía .....	285



## PRÓLOGO

La idea de este estudio se remonta al año 2006, cuando se produjo el contacto entre Unilever N.V. y el Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC) para discutir una iniciativa que pudiera contribuir a la sostenibilidad de un cultivo clave en Andalucía, el olivar, acerca del que se venían señalando importantes amenazas a su sostenibilidad en la región. En Octubre de 2006 se celebró un seminario (§) en el que investigadores y agentes del sector identificaron y discutieron las amenazas para la sostenibilidad de este cultivo en Andalucía. En este seminario, además de identificar las principales amenazas para su sostenibilidad en Andalucía, se constató la ausencia de estudios multidisciplinares que permitieran abordar una visión de conjunto.

Tras un periodo de maduración, en 2008 se abordó una segunda fase del trabajo. El objetivo fue tratar de poner en un único documento toda la información posible que pudiera ser de relevancia para cualquier persona interesada en la sostenibilidad de este cultivo. Para ello se recurrió a una revisión detallada y exhaustiva de los conocimientos existentes con respecto a los diferentes aspectos (agronómico, ambiental, socioeconómico, ...) de la producción de olivar en Andalucía y los interrogantes que acechan a su sostenibilidad. Este análisis fue realizado gracias a la colaboración activa de un numeroso grupo de especialistas que firman los diferentes capítulos de esta obra colectiva y al apoyo de Unilever desde sus orígenes. Sin la suma de esos esfuerzos, y de la colaboración de la Cja. de Agricultura y de la de Innovación Ciencia y Empresa en su edición impresa, esta obra no habría visto la luz.

El fruto de ese esfuerzo de análisis es el libro que tiene en sus manos. En él esperamos que pueda encontrar información suficiente para entender en que situación se encuentra el olivar andaluz en las diferentes facetas que afectan a su sostenibilidad: ambiental, socioeconómica, agronómica, etc..., para lo cual podrá encontrar no sólo la opinión crítica de destacados expertos, sino una descripción lo mas exhaustiva posible de la información disponible. Uno de los esfuerzos que ha motivado esta obra es la necesidad de indicar claramente no sólo lo que se sabe a fecha de hoy, sino también exponer una crítica constructiva acerca de lo que aun se desconoce, o se conoce insuficientemente, para estimular y ayudar a enfocar futuros trabajos.

Somos conscientes de que cualquier obra de este tipo dirigida a un cultivo tan extenso y que presenta una casuística muy variada siempre presentará alguna laguna, o aspectos mejorables. No obstante creemos que la posibilidad de disponer de una información actualizada y reunida en una única fuente podrá compensar estas limitaciones, y cumplir la aspiración de todos los que hemos colaborado en el mismo de que acabe siendo una herramienta útil para entender mejor e impulsar esfuerzos en pos de la mejora de un cultivo clave para Andalucía. Un cultivo, milenario en la región, que requerirá en los próximos años un esfuerzo equivalente al de décadas pasadas para conjugar competitividad y preservación ambiental y social.

**José A. Gómez.**  
Coordinador  
Córdoba, Agosto de 2009.

(§) Sostenibilidad de la Producción de Olivar en Andalucía.

(†) Taller sobre Producción Sostenible de Olivar en Andalucía.

Ambos accesibles en [http://www.ias.csic.es/gomez\\_calero\\_jose.htm](http://www.ias.csic.es/gomez_calero_jose.htm)



# CAPÍTULO 1: EL OLIVAR EN ANDALUCÍA: LECCIONES PARA EL FUTURO DE UN CULTIVO MILENARIO

José Ramón Guzmán-Álvarez<sup>1</sup>, José A. Gómez<sup>2</sup>, Luis Rallo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba,

Campus de Rabanales, Cra Nacional IV, 14071 Córdoba. ramonguzman@uco.es

<sup>2</sup> Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Apartado 4084. 14080. Córdoba. ag2gocaj@uco.es

<sup>3</sup> Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Cra Nacional IV,  
14071 Córdoba. ag1ralro@uco.es

## 1. Introducción

Desde el punto de vista de la producción agraria, la importancia económica del olivar en Andalucía es incuestionable. Baste recordar que las ventas de aceite de oliva y aceituna de mesa representan en torno al 30% de la producción final agraria y el 3% del PIB total de Andalucía.

A esta relevancia económica hay que añadir su repercusión territorial. El olivo es, en gran medida, una excepción geográfica. En ninguna otra parte de Europa hay una concentración similar de una única especie arbórea cultivada en un área tan extensa. En Andalucía, en su zona de mayor presencia, la denominada diagonal del olivar que recorre la región desde el noreste al suroeste (desde Villarrodrigo, en el noreste de Jaén, hasta Villamartín en la provincia de Cádiz), el tapiz del olivar se extiende de forma prácticamente ininterrumpida, de modo que es posible tender una línea recta de más de 300 km que pase por campos de olivar a lo largo de más del 95% de su longitud. Las cifras son elocuentes: el olivar supone el 17 % de la superficie regional; en la provincia de Jaén esta magnitud alcanza el 43 %, y hay municipios cuyos habitantes sólo conocen el paisaje del olivo [1].

A primera vista puede parecer que la uniformidad sea la nota dominante en el olivar andaluz: un continuo de copas verde plateadas que tachonan de modo equidistante el parcelario. Pese a ser ésta la imagen del paisaje olivarero más común en el imaginario colectivo, el olivar andaluz se manifiesta de forma muy diversa y huye de una síntesis apresurada [2]. Ni siquiera desde el punto de vista agronómico es posible defender un único acercamiento al cultivo del olivo, un único vademécum o código de buenas prácticas que satisfaga las necesidades de cualquier olivarero, ya que en todo intento surgirá la misma pregunta inicial: ¿a qué olivar nos referimos?

Es más apropiado hablar de los olivares andaluces. Resulta por ello enriquecedor escudriñar el territorio con perspectiva espacial y reconocer los matices del cultivo del olivo, algunos muy ostensibles y determinantes, que a menudo reflejan profundas diferencias agronómicas y territoriales.



Es también aconsejable hacer un esfuerzo adicional e introducir la perspectiva temporal, mirando a los olivares del presente con profundidad histórica [3]. Un ejercicio cuya finalidad no tiene una pretensión meramente académica: es esclarecedor saber qué caminos han recorrido los olivares de hoy en día desde un pasado más o menos lejano para comprender su situación actual y contextualizar aspectos tan importantes como la pugna incipiente entre los estilos de olivicultura moderna (las plantaciones en seto superintensivas y las plantaciones intensivas) y todos los demás estilos heredados de los siglos anteriores.

Los olivares y la olivicultura actual son el resultado del conocimiento y de decisiones que se tomaron en el pasado cuando reinaban otras circunstancias socioeconómicas y políticas [3, 4, 5, 6]. El olivo constituye en este aspecto otra gran excepción en el conjunto de los cultivos mediterráneos y europeos: manifiesta (todavía) una notable inercia al cambio. Comparémoslo, por ejemplo, con los cultivos herbáceos: ya no quedan vestigios de la agricultura tradicional en las tierras calmas. El sistema de producción, la maquinaria, el tipo de labores, las variedades, la forma de recolección: todo ha cambiado. Lo único que permanece es el objeto del cultivo: seguimos sembrando trigo o maíz, pero poco más. Con los frutales, aunque se trate de especies leñosas, ocurre algo parecido: salvo la cada vez más escasa fruticultura de huerto o ciertos rasgos de una parte de la agricultura ecológica, su aprovechamiento económico responde a pautas de la agricultura industrial caracterizada por la ruptura de las distintas fases o procesos de la producción y por la pérdida de control de los medios de producción por parte del agricultor, que está inmerso en una cadena de producción especializada. En algunas comarcas, el viñedo muestra todavía algunos rasgos de la herencia del pasado (cepas añosas, marcos de plantación y sistemas de poda tradicionales...), pero existe una tendencia generalizada a pasar la página de este modelo.

Hoy por hoy el olivo sigue siendo diferente. En una superficie tan extensa aún convive lo viejo con lo muy moderno, los árboles milenarios con los plantones cuya vida útil probablemente no excederá de la veintena de años. En el meollo de la diagonal del olivar, muchas plantaciones todavía conservan los rasgos que se fijaron en el momento de su creación, en alguna de las oleadas de expansión olivarera que se han sucedido desde finales del siglo XVIII [3]. Una fracción sustancial de los olivares de Sierra Morena, por ejemplo, tiene su origen en los desmontes derivados de la Desamortización de la segunda mitad del siglo XIX, y es posible que muchos de estos terrenos vuelvan a ser terreno forestal, concluyendo su etapa dedicada al árbol de Atenas [7].

¿Cómo conjugar estos olivares con las decenas de miles de hectáreas de olivar intensivo y superintensivo que en los últimos años han reemplazado a los cultivos anuales en las férciles tierras de la campiña del Guadalquivir? Si no fuese porque todos estos terrenos comparten la misma especie y tienen la misma orientación productiva, se diría que estamos ante realidades agronómicas diferentes. Pero la heterogeneidad tampoco nos debe desconcertar hasta el punto de ignorar los problemas comunes que afectan a todos los olivares. Y, a partir de ahí, abordar las particularidades que sean precisas para cada tipología concreta.

Las recomendaciones que se propongan para los olivares del siglo XXI no pueden ser las mismas que se defendieron o aplicaron en el pasado, incluso en el más reciente [8]. Ni el contexto socioeconómico, ni los valores y forma de relacionarnos con la agricultura y, en general,

con la naturaleza, son los mismos. No obstante, el conocimiento de las soluciones pretéritas puede iluminar soluciones innovadoras para las nuevas condiciones y, algo siempre saludable, aportar un sano juicio crítico consecuente con la multitud de situaciones vividas por este cultivo en su historia.

## 2. Las producciones olivareras

El **cultivo del olivo**, como toda forma de agricultura, se debe a la finalidad productiva para la que ha sido concebido y que determina su morfología, funcionamiento y los flujos de materia, energía y capital. La orientación principal en la actualidad es la producción de aceite para consumo humano, que en algunas comarcas es sustituida o complementada con la de aceituna de mesa. Parece deseable que ambas producciones alcancen los mayores estándares de calidad yendo más allá de los requisitos de obligado cumplimiento de la normativa técnico-sanitaria, lo que se puede acreditar mediante la adscripción voluntaria a determinados códigos (obtención de aceite de oliva extra virgen, aceites varietales, certificaciones de calidad, etc.). Por otro lado, la existencia de distintas figuras de calidad, algunas vinculadas al origen geográfico, como las denominaciones de origen, y otras al sistema de producción, como la agricultura ecológica o la producción integrada, contribuyen a la adopción de técnicas de producción y elaboración cuyo producto final puede contar con estándares adicionales de calidad y respeto por el medio ambiente [9].

En cualquier caso, los estándares básicos actuales del producto final (el aceite o la aceituna de mesa) superan con creces a los del pasado, aun reconociendo que siempre ha habido productores que han primado la calidad.

Los olivares del pasado también atendían (a veces de modo principal) a otras finalidades productivas distintas de la producción de aceite para consumo humano [10]. El aceite era consumido como grasa comestible (frecuentemente bajo la forma de un aceite lampante de baja calidad producto del molido y prensado de aceituna atrojada), como combustible para la iluminación, como grasa lubricante o como materia prima para la obtención de jabón [6]. En algunos periodos históricos estos otros usos llegaron a tener mayor importancia cuantitativa que la producción de aceite para consumo humano. Ello dio lugar a que en momentos de auge de estas producciones (como la industria jabonera sevillana renacentista en torno a factorías como las de Santiponce o Triana, o la exportación de aceite lubricante para la maquinaria de la revolución industrial inglesa de finales del XIX) se impulsaron plantaciones olivareras que aún hoy perviven, mientras que, por el contrario, su colapso determinó la contracción del espacio olivarero.

## 3. Los sistemas de cultivo

Hasta un pasado muy reciente, de los olivos se recogían otros esquilmos aparte de sus frutos. Su leña calentaba los hogares y servía como fuente de energía de los hornos. El ramón era uno de los recursos forrajeros de la cabaña ganadera local. Estos otros usos, hoy prácticamente olvidados, determinaron esquemas de cultivo que todavía se conservan en muchos

olivares [2, 10, 11]. En las vegas, en donde la tierra para los cultivos de temporada es un tesoro, los olivos ocuparon frecuentemente las lindes perimetrales de las parcelas: de este modo se aprovechaba mejor el espacio. Su presencia, adicionalmente, permitía delimitar la propiedad. En las comarcas orientales, como la Hoya de Baza, Guadix o Huéscar en Granada o el río Almanzora en Almería, se encuentran buenos ejemplos de este sistema de plantación.

Otro modo de aumentar la disponibilidad de espacio era situar los árboles salpicados en las parcelas u ocupando los márgenes de los bancales; con el paso del tiempo el suelo pudo ser ocupado por otros cultivos, incluso por especies arbóreas, originando nuevos sistemas de cultivo, como la asociación de cítricos y olivos centenarios de la Alpujarra y del Valle de Lecrín en Granada. La lógica de los marcos amplios de olivar (con separaciones entre pies superiores a 12 metros), frecuentes en las campiñas y otras tierras mesegueras (Depresión de Antequera, comarca de Utrera, los Montes de Granada, Campiña de Jaén, etc.), tenía su fundamento en la necesidad de compartir el espacio con los cereales o las leguminosas, como aún se lleva a cabo en los países del norte de África y, esporádicamente, en algunos olivares de Andalucía. En la mayor parte de los casos, empero, la respuesta que se le ha dado a estas plantaciones en el marco de la especialización olivarera ha sido doblar el marco de plantación introduciendo plantas o filas intercaladas, cuando no se ha renovado completamente la plantación.

La regularidad en el marco de plantación tuvo que ser una incorporación relativamente tardía en el proceso de domesticación del olivo. La irregularidad sería el patrón original, ya fuera porque se aprovecharan los acebuches silvestres mediante el injerto (de lo que aún quedan algunos ejemplos en la Serranía de Cádiz, en la Axarquía malagueña y en las ramblas almerienses), ya porque el olivo entraba a formar parte del policultivo que asociaba espacial y temporalmente distintos cultivos herbáceos y arbóreos.

La regularidad recibió el impulso de la orientación hacia el mercado. Esto tuvo lugar en varios momentos históricos (en el Aljarafe de la Bética romana, o en la Campiña sevillana y gaditana de la época del descubrimiento y colonización de América, o en la campiña giennense a partir de finales del siglo XVIII) como solución acorde con la especialización productiva una vez rota la economía basada en el autoconsumo [3]. El olivo dejaba de ser un elemento más de un sistema productivo limitado localmente para convertirse en una fuente de intercambio económico con el exterior del municipio, de la comarca o del país [12].

La disposición de los árboles en marco real (con separación constante entre árboles en las dos direcciones ortogonales) ha resultado ser la más exitosa, con espaciamientos que se han reducido progresivamente desde 12 x 12 m o más, hasta 8 x 8 ó 7 x 7 m, aunque en la olivicultura intensiva se recomiendan también otras configuraciones rectangulares (7 x 5, 8 x 6 m, etc.), para alcanzar densidades superiores a 400 plantas por hectárea. El marco a tresbolillo o cinco de oros, que fue recomendado por el aprovechamiento óptimo de los recursos por el arbolado, no tuvo tanto éxito, reconvirtiéndose a lo largo de la segunda mitad del siglo XX muchas de estas plantaciones a marcos rectangulares o cuadrados mediante la intercalación de nuevo pies.

La olivicultura superintensiva basada en plantaciones en seto ha supuesto una ruptura en la

evolución de los sistemas de plantación del olivar. Hasta hace una década, el patrón de modernización consistía en intensificar la densidad (con el objetivo de aumentar la superficie útil de hojas fotosintéticamente activas bajo las condiciones de no limitación de otros recursos como los nutrientes o el agua) haciendo al mismo tiempo compatible la arquitectura del árbol con la maquinaria, especialmente la que permite la recolección mecanizada. Las plantaciones en seto, por el contrario, obligan a repensar todo el sistema productivo. Las alineaciones continuas de pequeños árboles que alcanzan densidades superiores a 1.000 ó 1.500 plantas por hectárea requieren de una agronomía específica que dé respuesta a necesidades como el forzamiento de la arquitectura para conseguir setos de altura limitada a 3 ó 4 metros, la obtención de nuevas variedades plenamente adaptadas a este sistema productivo o un enfoque diferente para el control de plagas y enfermedades.

La plantación en seto es un extremo que ayuda a ilustrar otro de los aspectos del cultivo del olivo que ha experimentado una gran evolución: el modelo de planta y su arquitectura. Los olivos más viejos que han llegado hasta nuestros días (en las comarcas de las Alpujarras granadina y almeriense, en el Valle de Lecrín granadino o en el río Nacimiento en Almería) son ejemplares de un único tronco cuya copa alcanza muchos metros sobre el suelo. Parece ser que la tendencia natural del olivo cuando no es sometido a podas periódicas es a crecer en altura, aunque bien es verdad que existen variedades con mayor tendencia al crecimiento en vertical que otras. La comodidad en la recolección y otras labores fijaron la necesidad del rebaje permanente del árbol. Este carácter moderno de la olivicultura entra en contradicción con los atributos propios de los árboles de gran envergadura: se consigue una gran cosecha en un único árbol, lo que tiene un valor indudable en los lugares en donde la disponibilidad de terreno es una severa limitación; proveen leña periódica sin que, al mismo tiempo, exijan un cuidado permanente en las labores de limpieza y poda; protegen al suelo o a los pisos inferiores de inclemencias meteorológicas (incidencia del cierzo o de heladas, cobijo ante temporales, etc.). El porte desmesurado exige, obviamente, soluciones específicas como la recolección mediante plataformas elevadas realizadas con cuerda trenzadas o maderos, o bien directamente del suelo conforme el fruto se va cayendo; el manejo de plagas y enfermedades prácticamente inexistente (salvo los tratamientos aéreos contra la mosca del olivo que se realizaron desde el final de la década de los setenta hasta finales de la de los noventa); o el auxilio puntual al aclareo de las ramas y brotes del interior de la copa para favorecer la aireación.

Las plantaciones regulares se han formado con olivos de planta única o con olivos de varios pies o patas. Es difícil extraer reglas generales: defensores de uno y otro sistema ha habido tanto en el ámbito científico como entre los agricultores. Una buena muestra de ello es que incluso actualmente conviven distintos tipos de olivares en una misma comarca. Los argumentos que han sustentado los defensores de los olivos de varios pies son principalmente dos: se aumenta la superficie útil de la planta (entendida como el conjunto de pies), y si en un momento dado ocurriera un accidente, éste probablemente no afectaría a todo el olivo, sino sólo a una de las patas. Se detecta, en cualquier caso, una cierta relación entre la calidad del terreno para la producción olivarera y el tipo de árbol: en las comarcas menos productivas son más frecuentes los olivos de un solo vástago (que, en general, están dispuestos en marcos más estrechos), mientras que en las más productivas frecuentemente se ha recurrido a los olivos de varios pies.

A partir de la crisis del olivar tradicional y la modernización de los años setenta, el modelo de árbol recomendado por los técnicos y científicos pasó a ser el de un único individuo con un tronco cuya cruz se forma aproximadamente a un metro del suelo con el objetivo principal de favorecer la recolección mecanizada con vibradores [13]. En Andalucía, sin embargo, debido a la longevidad del olivo, continúan siendo predominantes los árboles de más de una pata: según el trabajo "El olivar andaluz" [14] en la campaña 1998/99 había 366.970 ha con árboles de 1 pie (25%), 405.371 ha con 2 pies (28%), 599.111 con 3 pies (42%) y 71.796 con más de 4 (5%).

A partir de la expansión iniciada en el siglo XIX la imagen del olivar andaluz se fue aproximando progresiva y casi exclusivamente a la del monocultivo. No obstante, esto no se corresponde con el modelo de olivar todavía presente en algunas comarcas, caracterizado por la asociación espacial del olivo con otros cultivos. Si bien son formas de cultivo cada vez más en desuso, puesto que la lógica económica actual conduce a la máxima expresión de la especialización, aún hemos de tener presentes a los olivares mestizos. Algunos ejemplos de ellos son los olivos con viñas de la Axarquía, los olivos y naranjos del Valle de Lecrín, los olivos con cerezos de la comarca de la Sierra Sur de Jaén, los olivos con cereal de algunos municipios malagueños y granadinos, o los olivos con almendros intercalados que han sido muy frecuentes en la parte oriental de Andalucía [1]. Caso aparte son los olivares sujetos al aprovechamiento ganadero, algunos de los cuales adoptan la configuración y funcionamiento de auténticas dehesas, sobre todo en el entorno de Sierra Morena.

#### 4. La propagación

El método de propagación está muy ligado al tipo de árbol. La facilidad de multiplicación del olivo mediante métodos vegetativos facilitó la adopción del modelo de árbol de varios pies. Tras la brotación de las estacas o garrotes situados en cada hoyo o postura se daba paso a un trabajo posterior de selección de vástagos para lograr el tipo deseado de planta. Generalmente era preciso más de una década para formar la planta, siguiéndose varios esquemas de poda de formación, desde algunos que aplicaban desde el inicio aclareos intensos hasta otros que inicialmente primaban la formación del sistema radical no obstaculizando en exceso el desarrollo de los brotes aéreos (siguiendo el dicho de que si se desea tener un buen olivar, primero se ha de criar un chaparral). En todo caso, el sistema de propagación a través de estacas, garrotes o zuecas es un sistema barato, que recurre a materiales normalmente locales (asegurando de este modo la reproducción de los ejemplares – y con ello de las variedades – que habían alcanzado notoriedad) y que implica el control del diseño de la plantación desde su etapa inicial. Con el tiempo, sin embargo, se descubrió que este tipo de propagación, como toda reproducción basada en la clonación, también multiplicaba los problemas que podían afectar a un único individuo (vulnerabilidad ante determinadas enfermedades, fertilidad errática, etc.) y, por otro lado, no garantizaba una optimización de la plantación, especialmente bajo la perspectiva económica de finales del siglo XX. Por otra parte, el sistema de reproducción vegetativa estaba vinculado a una olivicultura tradicional en la que el agricultor tenía el control y a menudo realizaba o intervenía en todas las fases de la producción. La olivicultura comercial moderna, por el contrario, independiza cada una de las etapas, por lo que en lo que se refiere a la plantación priman aquellas soluciones eco-

nómicamente más eficientes, basadas en la separación de los roles del propagador y cultivador [13].

No obstante, aunque no fue lo usual, históricamente ha habido presencia de viveros de planta de olivo en algunas áreas. Pero sólo con la puesta a punto del sistema de multiplicación mediante el enraizamiento de estaquillas semileñosas bajo nebulización en la década de 1970 se dio paso a una etapa completamente nueva en lo que se refiere a la reproducción del olivar, acorde con las demandas de la olivicultura contemporánea. Este sistema permite aumentar el grado de control sobre la etapa de la multiplicación (procedencia del material vegetal, multiplicación de material sano, obtención de planta uniforme, etc.), externalizando esta fase del cultivo.

Ocasionalmente se recurrió al sistema de reproducción sexual mediante semillas. De hecho, en los tratados clásicos de olivicultura aparece recogido como uno de los métodos posibles. En algunas comarcas españolas llegó a tener una cierta relevancia la producción de plantas de olivos en almácigas a partir de huesos, plantas que posteriormente eran injertadas. Recuérdese también que los acebuches y los olivos asilvestrados o bordes, procedentes de la germinación de huesos de aceitunas, también tienen origen sexual.

La reproducción sexual ha tenido y continúa teniendo una gran relevancia en la olivicultura, puesto que ha sido la principal forma de obtención de nuevas variedades, cuestión que sólo en los últimos años ha comenzado a formar parte de programas de investigación específicos. La práctica del injerto, muy vinculada a este tipo de reproducción, ha desaparecido prácticamente, teniendo cabida solamente en la olivicultura de ocio o en la de investigación. No obstante, el uso de patrones puede tener relevancia para la resistencia a enfermedades y a estreses abióticos en el futuro.

## 5. El manejo del olivar

La **poda** ha sido una de las prácticas de cultivo que más conocimiento experimental sistematizado generó en el siglo XX, sobre todo a partir de los años treinta. En las diferentes comarcas se aplicaban sistemas que tenían su origen en el conocimiento empírico. Cada sistema de poda daba lugar al tipo de árbol que se consideraba como el modelo de buen olivo en cada zona olivarera. Cuando fueron sometidos a contraste estos sistemas, inicialmente bajo el impulso de la Estación de Olivicultura de Jaén, germen de la modernización olivarera, se constató la ineficiencia de algunos de ellos. Como consecuencia de ello, las podas en cabeza, afrailados, recepados, descalces y otros tipos de podas intensas han tendido a desaparecer, sustituidas por podas más ligeras [13].

Cada vez es más frecuente no dejar envejecer al árbol, sino proceder a su renovación total aprovechando para intensificar el marco de plantación. No obstante, en los olivares que fueron instalados previamente a los años noventa todavía son usuales labores de poda como la tala o poda sucesiva de las distintas patas, el afrailado para el rejuvenecimiento o el rebaje de las copas. Un caso especial es la poda a dos ramas o puertos de los olivares de verdeo de Sevilla y Huelva, método que forma árboles con aspecto esquelético; el tronco se divide en

una horcadura situada a metro y medio del suelo que origina por lo general dos únicas ramas o puertos (aunque en algunos casos pueden ser tres). La finalidad de esta disposición es lograr pocas ramas y hojas y un escaso número de frutos, pero siendo éstos de gran calibre.

La olivicultura del siglo XXI exige sistemas de poda completamente nuevos que se adapten a las plantaciones intensivas y a las plantaciones en seto. Uno de los grandes retos es la mecanización de esta actividad en la que se está avanzando de manera muy importante, sobre todo en las plantaciones intensivas y en seto.

Los **labores de cultivo** han variado sustancialmente en las últimas décadas. Previamente a la generalización de la maquinaria impulsada por motores de combustión, la disponibilidad de energía para modificar el agrosistema era limitada: la potencia debida al hombre o a las caballerías (apenas unos caballos de potencia en el mejor de los casos) se ha visto superada en varios órdenes de magnitud con la utilización de la energía fósil [10]. Con ello, la capacidad de intervenir sobre el suelo ha aumentado sustancialmente. Durante los primeros años de la transición de un tipo de tracción por otro (década de los sesenta) fue usual llevar a cabo un gran número de labores (por encima de seis o siete pases, varios de ellos profundos): de hecho, llegó a ser un modo de cultivo avalado por los técnicos. Posteriormente se redujo el número de pases recomendados, aunque el cambio decisivo fue sustituir las labores mecánicas que rompen la capa superficial del suelo por sistemas de manejo del suelo basados en el control de la vegetación, ya sea a través de medios químicos (herbicidas), de la siega mecánica o del pastoreo. A raíz de la investigación llevada a cabo desde los años setenta, se han puesto a punto sistemas alternativos al laboreo con suelo desnudo como el mínimo laboreo o el laboreo con cubierta vegetal, que ponen el énfasis en la competencia por los recursos de la vegetación herbácea con el árbol (fundamentalmente por el agua), demostrándose que son apropiados para reducir el riesgo de erosión en muchos de los tipos de suelos en donde prospera el olivar [15]. Sin embargo, como contrapartida indeseada e imprevista, la generalización del uso de herbicidas en el laboreo y para la preparación de suelos para la recolección en cuencas hidrológicas cerradas con monocultivo de olivar ha originado graves problemas de concentración de las materias activas por encima de los límites admisibles en las aguas de los respectivos embalses.

El **riego** en el olivar es uno de los aspectos que ha experimentado mayores cambios y que está en la base de la transformación del olivar en los últimos años. El olivo se ha cultivado sobre todo en secano; de hecho, los olivares tenían su "sitio" en el terrazgo, ocupaban con preferencia ciertos emplazamientos topográficos (los piedemontes en declive, las laderas de lomas y colinas con suelos relativamente poco desarrollados, las laderas soleadas de las serranías esquistas, etc.). Los olivos de riego solían ser un elemento asociado a las tierras labrantías de vega o, más raramente, aparecían diseminados en pequeñas parcelas que se regaban por inundación. A partir de la segunda mitad de la década de 1970, con la difusión del sistema de riego por goteo, el olivo comenzó a ser también un cultivo de regadío. La relativamente baja dotación que exige para ser rentable (a partir de 1.500 m<sup>3</sup>/ha es posible obtener incrementos importantes de producción con respecto al secano) ha facilitado la rápida difusión del riego en el olivar [16].

Los olivares andaluces no comenzaron a ser abonados con fertilizantes químicos de modo generalizado hasta la década de los ochenta. Hasta entonces sólo una fracción de los olivares

recibía una fertilización periódica a base de estiércol. Posteriormente, con la intensificación del cultivo, se ha pasado a un uso creciente, y a menudo excesivo, de fertilizantes, en particular en el caso del nitrógeno.

La **lucha contra las plagas y enfermedades** también ha experimentado una gran evolución. Hasta mediados del siglo XX los sistemas de lucha estaban poco desarrollados. En general los olivos apenas recibían atención en lo que se refiere al control de sus plagas y enfermedades. En las zonas más adelantadas se realizaban peligrosos tratamientos con cianuro y otros compuestos químicos, aunque lo más frecuente era recurrir a prácticas de manejo (aïrear la copa para reducir la incidencia de la cochinilla, retirar la madera talada para evitar la acción del barrenillo, etc.). Este panorama cambió con la introducción de los insecticidas, acaricidas y fungicidas de síntesis y su difusión a partir de finales de los años sesenta.

Un par de décadas después, respondiendo a la creciente preocupación social por la seguridad alimentaria y la mayor concienciación medioambiental, han surgido modalidades de cultivo que prohíben el uso de productos de síntesis para el control de plagas y enfermedades (olivicultura ecológica) o que racionalizan su utilización, sacando partido de los mecanismos de regulación naturales, recurriéndose al tratamiento con este tipo de productos cuando es obligado (olivicultura integrada). Adicionalmente, han aparecido nuevos desafíos fitosanitarios para los olivares, como el aumento de la incidencia de verticiliosis en nuevas plantaciones y su extensión a zonas donde tradicionalmente no había sido un problema grave [13].

Los **residuos del olivar** también tienen su propia historia. Se pasó de una olivicultura tradicional en la que apenas había residuos, puesto que prácticamente todos los subproductos eran utilizados o reutilizados (aceites de poca calidad para jabonería o iluminación, ramón para las cabras o vacas, alpechín para el riego ocasional, madera para la combustión, etc.), a otro modelo en el que el aumento de la superficie y la especialización condujeron a la generación de residuos molestos. El efluente líquido del proceso de elaboración del aceite (alpechín) requirió de la construcción de grandes balsas jamileras que estuvieron en activo hasta mediados de los años noventa, cuando la sustitución del sistema de elaboración de tres fases por el de dos fue prácticamente total. El sistema de dos fases, por su parte, ha generado otro residuo (el alperujo) con problemas específicos de reciclado en las orujeras, pero que ya no entra a formar parte del espacio agrario, sino del agroindustrial.

Los restos de poda, por otro lado, son considerados como un residuo de la actividad agraria (cuyo destino reciente más extendido ha sido su quema en la propia parcela para su eliminación), cuando, por el contrario, deberían ser vistos como una fuente de fertilización para el propio olivar (facilitándose su incorporación mediante el astillado) o como una fuente renovable de energía (que, en todo caso, debería tener en cuenta los balances de nutrientes y de energía de la explotación en que se producen).

## 6. El marco institucional

El marco institucional ha experimentado intensas mutaciones en el transcurso del último siglo de historia del olivar. De haber sido un cultivo mimado tras la Guerra Civil, protegido



en su condición de alimento de primera necesidad, entró en un periodo de incertidumbre como consecuencia de la emigración rural y la apertura de España a la economía internacional a partir de mitad de los años cincuenta. Estos cambios originaron una crisis sin precedentes a finales de los años sesenta y comienzo de los setenta que desembocó en la desaparición o reducción del olivar en algunas comarcas (la Vega de Sevilla o las Campiña de Cádiz, Córdoba y Sevilla, por ejemplo) y a la necesidad de poner en marcha un programa nacional específico de reestructuración y reconversión. Las medidas de este plan tuvieron una considerable acogida, aunque su mayor éxito probablemente fue la puesta en marcha de una serie de programas de investigación y demostración que dieron lugar a una nueva olivicultura que revisó todos los elementos del sistema productivo: la propagación, la poda, la lucha contra las plagas y enfermedades, la recolección o la elaboración [8].

El olivar salió de esta crisis gracias a un factor que era ajeno a los presupuestos del Plan de Reestructuración y Reconversión. Con la entrada de España en la Unión Europea en 1986 se cambió de ciclo. Se entró en una agrupación de países con un alto grado de protección a la agricultura y, en concreto, a la olivicultura. La ayuda a la producción de aceite de oliva, inicialmente pensada para Italia, el principal país productor hasta el ingreso de España, favoreció los intereses del sector en su conjunto, y permitió que el olivar entrase en una nueva etapa de bonanza [4].

La lógica de la productividad inherente a una ayuda vinculada a la producción ha sido aprovechada por el sector olivarero para realizar mejoras en los olivares establecidos, sobre todo la puesta en riego, y para diseñar nuevas plantaciones de producción precoz y elevada adaptadas a la recolección mecanizada. Paralelamente, el desarrollo económico del país permitió derivar mayores recursos hacia la investigación, a través de centros de investigación y universidades en los cuales el olivo adquirió un gran protagonismo. En el sector privado (empresas de agroquímicos, de maquinaria, viveros, etc.) el cultivo del olivo ha sido objeto de atención creciente, sobre todo en Andalucía, en donde se concentra la mayor parte de la producción.

## 7. Hacia una olivicultura compleja

La olivicultura del siglo XXI presenta novedades relevantes: demanda obtener de los olivos aceite y aceitunas para aderezo, pero también otras producciones, algunas con remuneración económica como biomasa para energía eléctrica o el soporte territorial para la fauna cinegética, y otras de difícil valoración y contraprestación económica como la de proteger el suelo y enriquecer la biodiversidad y el paisaje. Junto a ello, se atisban algunas funciones emergentes, como la de actuar como sumidero de carbono. Son nuevos retos para nuestros olivares (para los que echaron sus raíces en el pasado y para los más modernos) que nos obligarán a relacionarnos de otra forma con el olivo y su medio productivo [11, 17].

Sigue habiendo funciones y disfunciones del olivar a las que todavía no sabemos muy bien cómo dar respuesta. Lo deseable, por ejemplo, sería que los olivares de las cuencas vertientes a los embalses actuaran como espacios productivos que además garantizaran la calidad del agua y que no comprometieran la persistencia y calidad del suelo, el principal capital de

las fincas. Otros desafíos que requieren de respuesta a través de la investigación son el control de la vejería, la profilaxis de la verticiliosis, mejorar la mecanización, o cómo hacer del ininterrumpido manto del olivar andaluz un espacio productivo más propicio para albergar otros valores ambientales como sostener una biodiversidad más rica. Necesitamos, en definitiva, más conocimiento empírico, más investigación y, especialmente, más desarrollos prácticos que puedan ser objeto de transferencia a los olivicultores, muchos de los cuales comenzaron su actividad aprendiendo a distinguir si un suelo estaba en tempero, pero que ahora precisan de un conocimiento cada vez más detallado en cuestiones que se han vuelto más complejas e interconectadas.

Muchos de los retos futuros del olivar andaluz tienen que ver con los olivares que hemos heredado del pasado [18]. Indudablemente es más eficaz y rentable (tanto desde el punto de vista económico como del científico) la investigación en los sistemas productivos que buscan acomodarse a la realidad socioeconómica del momento. Los olivares rezagados, por el contrario, sólo logran captar la atención cuando se producen tensiones sociales debido al reparto de las ayudas comunitarias o cuando comienza a ser patente su abandono. Y sin embargo, los olivares heredados del pasado exigen un esfuerzo de imaginación adicional, bien para lograr su transición hacia etapas de mayor naturalidad, bien para adaptarlos hacia oliviculturas alternativas que también tengan sentido en el siglo XXI.

Los olivares en pendiente de las serranías béticas y de Sierra Morena requieren, por ejemplo, de soluciones prácticas que vayan más allá del reconocimiento de una multifuncionalidad que no somos capaces de recompensar monetariamente. Los olivares de marco amplio, de varios pies o con la cruz excesivamente baja, son tipologías difíciles de manejar ante el encarecimiento de la mano de obra; muchos de ellos serán reconvertidos y rediseñados desde cero estableciendo nuevas plantaciones bajo criterios modernos. La mayor parte de las variedades locales tradicionales han perdido la ventaja que les concedía el aislamiento y el desconocimiento y están siendo sustituidas por otras de las que no se conoce bien su respuesta bajo condiciones locales particulares. Los olivos centenarios y milenarios enclavados usualmente en áreas muy marginales desde el punto de vista productivo (laderas aterrazadas de montañas interiores o entornos semiáridos) sufren los problemas derivados del envejecimiento, la despoblación y la terciarización del medio rural: uno de los únicos destinos que les hemos sabido dar hasta ahora ha sido el trasplante y su nueva vida como árbol de jardín.

Conviene no perder de vista que el olivar andaluz de finales del siglo XX estaba y está todavía anclado en el pasado: no es mayoritariamente el olivar moderno que preconizan aquellos que van a la vanguardia del cultivo, aunque el ritmo de crecimiento de este último es impactante.

En el estudio “El olivar andaluz” [14] basado en las declaraciones de cultivo a efectos de la solicitud de ayuda a la producción de aceite de oliva de la campaña 1998/99, se llevó a cabo una excelente radiografía del cultivo. Las pequeñas explotaciones eran las predominantes: un 26% de la superficie formaba parte de explotaciones menores de 5 ha (391.537ha). Había cerca de 240.000 olivareros con menos de 5 ha de tierra. La mayor parte de la superficie (un 74,5%, 1.102.485 ha) se cultivaba en secano, con 376.413 ha de regadío. La densidad de

plantación media (el 45,4% de la superficie) estaba comprendida entre 70 y 120 olivos por hectárea, con la nutrida presencia de 45.061 ha con menos de 40 plantas/ha; en el otro extremo, por encima de 400 plantas /ha, había 6.439 ha. Un total de 164.166 ha declararon menos de 500 kg/ha de aceituna (el 12,7% del olivar andaluz), mientras que una producción superior a 4.000 kg/ha se alcanzó en 69.964 ha (21,4%). La actualización continua de esta información debería ser una pieza clave para la planificación del olivar del siglo XXI.

Esta situación de convivencia de lo viejo con lo nuevo posiblemente se mantendrá durante el futuro próximo. Siempre ha sido así en el olivo, un cultivo que ha sido tanto baluarte de la modernización como garantía conservadora ante la adversidad [12]. Pero en la actualidad hay una gran diferencia en relación con el pasado: la brecha entre los olivos “modernos” y los olivos “antiguos” se hace día a día más profunda [17]. La producción de una hectárea de olivar superintensivo puede sustituir a 20-30 hectáreas de olivar marginal, suponiendo una cosecha anual de 10.000-15.000 kg/ha frente a otra de 500 kg/ha. Superficie que, por otro lado, entra en producción de forma acelerada en comparación con la relativa parsimonia del olivar tradicional. Además, los costes de producción se abaratan considerablemente en los olivares intensivos o superintensivos. El capital, principal exigencia de estos olivares, es fácilmente deslocalizable: los nuevos olivares no tienen por qué estar en las tierras de olivar, ni siquiera en las comarcas o países tradicionales de olivar. Por añadidura, el conocimiento agronómico se reproduce de modo completamente distinto a cómo se hacía anteriormente: empresas de servicios, técnicos y tecnología especializada sustituyen al saber empírico de los labradores [19].

Todo lo anterior nos induce a pensar que el cambio será profundo.

## 8. Referencias

1. Guzmán Álvarez, J.R. 2004. *Geografía de los paisajes del olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.
2. Guzmán Álvarez, J.R. 2007. “La génesis de los paisajes olivareros”, en: Fundación El Legado Andaluzí (ed.). *Tierras del olivo*. Junta de Andalucía, pp. 185-197
3. Guzmán Álvarez, J.R. 2004. *El palimpsesto cultivado. Historia de los paisajes del olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.
4. Garrido González, L. 2004. *Historia del olivar y del aceite en Andalucía*. Editorial Sarría, Málaga.
5. Garrido González, L. 2005. *Olivar y cultura del aceite en la provincia de Jaén*. Instituto de Estudios Giennenses, Jaén.
6. Zambrana, J. F. 1987. *Crisis y modernización del olivar*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid
7. Guzmán Álvarez, J. R. 2008. Modelling potential abandonment and natural restoration of marginal olive groves in Andalusia (south of Spain). *Journal of Land Use Science*, 3: 113-129.
8. López Ontiveros, A. 1980. “El olivar”, en: Grupo ERA, *Las agricultura andaluzas*, Ministerio de Agricultura, Madrid.
9. Guzmán Álvarez, J.R. 2005. *Territorio y medio ambiente en el olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.

10. Naredo, J. M. 1983. "La crisis del olivar como cultivo biológico tradicional", *Agricultura y Sociedad*, 26: 167-266.
11. Arambarri, 1992. *La olivicultura antigua*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
12. Naredo, J.M.; Guzmán Álvarez J.R. 2007. "El olivar como espejo de nuestras crisis", en: Fundación El Legado Andalusi (ed.). *Tierras del olivo*. Junta de Andalucía, pp. 199- 205.
13. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. 2001. *El cultivo del olivo*. Junta de Andalucía – Mundi Prensa. Madrid.
14. Consejería de Agricultura y Pesca. 2003. *El olivar andaluz*. Junta de Andalucía, Sevilla.
15. Saavedra Saavedra, M.M.; Pastor Muñoz-Cobo, M. 2002. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Editorial Agrícola Española. Madrid.
16. Pastor Muñoz-Cobos, M. 2005. *Cultivo del olivo con riego localizado*. Editorial Junta de Andalucía – Mundi Prensa, Madrid
17. Rallo, L. 2007. "La olivicultura en un cambio de época", en: Fundación El Legado Andalusi (ed.). *Tierras del olivo*. Junta de Andalucía, pp. 341-353.
18. Calderón Espinosa, E.; González de Molina, M. "Olivar tradicional versus olivar intensivo: la dificultad para comparar", en: Fundación El Legado Andalusi (ed.). *Tierras del olivo*. Junta de Andalucía, pp. 207-213.
19. Rallo, L. 1998. La olivicultura en la época de la ciencia y la innovación. *Olivae*, 72: 42-51.



## CAPÍTULO 2: RIEGO

**Dr. Luca Testi<sup>1</sup>, Dr. Francisco Orgaz Rosúa<sup>2</sup>,  
D. Agustín Argüelles Martín<sup>3</sup>, D. Víctor Juan Cifuentes Sánchez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Apartado 4084. 14080 Córdoba. e-mail: ag2lucac@uco.es

<sup>2</sup> Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Apartado 4084. 14080 Córdoba.

<sup>3</sup> Oficina de Planificación Hidrográfica. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

<b>2.1. Efectos de la práctica del riego en el olivar</b> (L. Testi y F. Orgaz) . . . . .	
2.1.1. <i>Efectos socioeconómicos</i> . . . . .	
<b>2.2. Riesgos ambientales y sostenibilidad de la práctica del riego</b> (L. Testi y F. Orgaz) . . . . .	
2.2.1. <i>Drenaje de solutos</i> . . . . .	
2.2.2. <i>Salinización</i> . . . . .	
2.2.3. <i>Escorrentía</i> . . . . .	
2.2.4. <i>Uso de agua</i> . . . . .	
2.2.5. <i>Calculo de las necesidades de riego</i> . . . . .	
2.2.5.1. <i>Método para el cálculo de la evapotranspiración máxima</i> . . . . .	
2.2.5.2. <i>Programación de riegos</i> . . . . .	
2.2.5.3. <i>Estrategias de riego para máxima producción</i> . . . . .	
2.2.5.4. <i>Estrategias de riego deficitario</i> . . . . .	
<b>2.3. Olivar y productividad del agua</b> (F. Orgaz y L. Testi) . . . . .	
<b>2.4. El regadío del olivar y los recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir</b> (A. Argüelles Martín, V.J.Cifuentes Sánchez). . . . .	

### 2.1. Efectos de la práctica del riego en el olivar

#### 2.1.1 Efectos socioeconómicos

Durante miles de años, el olivar ha sido uno de los principales cultivos en la cuenca mediterránea, y el aceite de oliva una de las bases de la alimentación de varias civilizaciones. Miles de años, y siempre en secano: su notable resistencia a la sequía permitía al cultivo sobrevivir sin problemas y obtener alguna producción incluso en años muy secos, preservando la poca agua canalizada a cultivos de huerta.

El descubrimiento de los efectos beneficiosos del aceite de oliva en la alimentación ha favorecido un aumento, constante a largo plazo, en la demanda mundial y en los precios. El olivar empezó en los años '90 a ser un cultivo de alta rentabilidad, y por lo tanto objeto de

inversión y intensificación con el fin de aumentar la productividad; entre los medios más eficaces para aumentar ésta última en climas semiáridos hay que destacar el riego.

Desde los primeros ensayos practicados se vio una indiscutible respuesta productiva al riego. La práctica se difundió rápidamente, y hoy en día el olivar es el principal cultivo de regadío de España en número de hectáreas, después de los cereales [1]. Ha sido especialmente la práctica del riego - más que el incremento de superficie cultivada - la causa de la extraordinaria capacidad productiva alcanzada por el sector olivarero español. Muchas comarcas olivares de Andalucía han incrementado notablemente su nivel económico, por lo cual muchos pueblos se mantienen activos, y evitan la crónica despoblación que ha sufrido el medio rural.

### **2.1.1 Efectos ambientales positivos: secuestro de carbono**

Las plantas necesitan intercambiar gases con la atmósfera, sobre todo vapor de agua y carbono (en forma de dióxido o CO<sub>2</sub>); el punto de intercambio son los estomas, orificios microscópicos en la superficie de las hojas, cuya apertura es minuciosamente controlada por la planta a través de complejos mecanismos fisiológicos. A la falta de agua en el suelo, que puede ser mortal para la planta, ésta última reacciona prontamente cerrando los estomas para disminuir su transpiración. Esto es lo que pasa en un olivar de secano: durante la estación seca los estomas están muy cerrados, la transpiración disminuye y la planta ahorra agua, pero al precio de reducir la entrada de dióxido de carbono en las hojas, y consecuentemente la tasa de fotosíntesis y la producción.

Con el riego se suplementa la falta de agua en el suelo, manteniendo un buen estado hídrico de las plantas; sus estomas se mantienen mucho más abiertos durante el verano, cuando la radiación necesaria para la fotosíntesis es elevada [2]. Un olivar regado asimila mucho más carbono que uno de secano; por lo tanto el riego contribuye eficazmente a aumentar la capacidad de los olivares para mitigar el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

## **2.2. Riesgos ambientales y sostenibilidad de la práctica del riego**

El riego en olivares, debido a su adopción masiva, debe de ser analizado en profundidad para definir su sostenibilidad medioambiental y asegurar ésta última donde sea menester con prácticas adecuadas. A continuación se discuten los riesgos medioambientales asociados al riego del olivar.

### **2.2.1 Drenaje de solutos.**

Uno de los impactos potencialmente más graves del regadío de cultivos en general es el drenaje de solutos. Los mismos riegos directamente, o las lluvias que alcanzan suelos mantenidos húmedos por el regadío, arrastran los elementos y los transportan disueltos a la capa

freática. El impacto medioambiental negativo de este fenómeno se ve fuertemente aumentado cuando se produce un mal manejo conjunto del agua de riego y la fertilización, pudiendo producir graves contaminaciones en acuíferos, sobre todo de nitratos.

El riego localizado minimiza este riesgo ambiental, debido a los bajos volúmenes de agua aplicados. Aunque se sature el suelo en puntos específicos, esto se produce de forma intermitente, y muy difícilmente se genera una continuidad de flujo hacia el acuífero que arrastre fertilizantes, por lo menos durante la temporada de riego (cuando gran parte del suelo está seco) y en suelos de suficiente profundidad y capacidad de retención (que son la mayoría de los suelos donde se ha implementado el riego del olivar en Andalucía). Si a estas condiciones, que normalmente se dan en el olivar andaluz, se une un manejo adecuado de la fertilización, esta fuente de riesgo se reduce a niveles despreciables, sobre todo en comparación con otros cultivos de regadío.

### 2.2.2 Salinización.

Al contrario del agua de lluvia, el agua de riego siempre contiene - en mayor o menor medida - sales disueltas. Independientemente de su procedencia superficial o profunda, ha estado en contacto con suelos y rocas que han cedido parte de los constituyentes solubles. Cuando el agua abandona el sistema suelo (por evaporación directa desde la superficie o por ser absorbida por las raíces de las plantas y transpirada a través de las hojas), las sales - que no se evaporan - se quedan en el suelo, y se pueden acumular con el paso del tiempo. Cuánto más salina es el agua de riego, más rápido es el proceso de acumulación. Las sales acumuladas en el suelo pueden provocar toxicidad directa sobre las plantas; pero su mayor efecto proviene del hecho de reducir el potencial osmótico del agua, dificultando su absorción por la planta, y afectando su crecimiento. Las sales acumuladas en el perfil pueden ser "lavadas" por un período de fuertes lluvias o riegos de alto volumen, que provoque disolución de solutos (ver 2.2.1).

El fenómeno de la acumulación de sales en el suelo no es exclusivo de la práctica del riego, pero puede ser muy acelerado cuando se riega con agua salina en condiciones de clima árido o semiárido. Dependiendo de la salinidad del agua de riego y del clima, no siempre las lluvias de otoño tienen suficiente intensidad y volumen total para lavar todas las sales aportadas por el agua del riego durante el verano, y puede producirse una acumulación interanual y una lenta degradación de la fertilidad del suelo (hasta llegar a desestructuración irreversible de agregados y desertificación del suelo, en casos de acumulación de sodio): sin un manejo muy escrupuloso, el riego con aguas salinas no es una práctica sostenible.

Sin embargo la situación del olivar andaluz por lo que atañe al riesgo de salinización no es especialmente crítica. Deberíamos dividir el riesgo en a) efectos sobre el cultivo y b) salinización de suelos. El primero - un riesgo agronómico más que ambiental - es mitigado por la natural resistencia de la especie a la salinidad [3] y por el método de riego localizado, que tiende a concentrar las sales en la periferia de la zona de máxima presencia radicular. Si se consigue evitar que las sales se extiendan por todo el perfil (continuando el riego hasta bien entradas las lluvias otoñales, y que éstas hayan "lavado" el suelo), el cultivo puede ser re-



gado sin sufrir perjuicios (a parte una cierta reducción en producción) con aguas bastante salinas.

Sin embargo si el balance de sales es positivo a largo plazo (si la acción combinada de riego y lluvia no consiguen “lavar” todas las sales, por ejemplo en los años con invierno más seco), el suelo se salinizará con el tiempo, y la práctica del riego con aguas salinas no es sostenible. En conclusión, la sostenibilidad del riego frente al riesgo de salinización depende del equilibrio entre salinidad del agua de riego, régimen de lluvias y características del suelo. Los casos de comarcas que hacen uso de aguas de baja calidad en el riego del olivar son todavía relativamente escasos en Andalucía; sin embargo se prevé una disminución generalizada de la calidad del agua, debido a la reducción de la disponibilidad del recurso. En los casos de riego con agua de salinidad elevada en las zonas de muy baja pluviometría, sería imprescindible un control periódico durante varios años de la salinidad del extracto saturado del suelo, y se desaconseja tajantemente cualquier tipo de riego deficitario (inferior a las necesidades hídricas máximas del cultivo, explicadas más abajo) si las lluvias otoñales no consiguen lavar todas las sales del suelo por lo menos una vez cada 4-5 años. Especial atención se debe tener si se confirman las previsiones de reducción de la pluviometría por causas de cambio climático, ya que en casos cuyo balance de sales en el suelo es sostenible en la actualidad, podría no serlo en un futuro en que se vea alterada la cantidad total de lluvia o su distribución temporal entre eventos.

### 2.2.3 Escorrentía

La escorrentía superficial genera riesgos ambientales por erosión y pérdida de suelo (Cap. 3) y por arrastre de solutos (fertilizantes o herbicidas) que pueden llegar a contaminar las aguas superficiales (ríos y embalses agua abajo). El ecosistema olivar es sin duda generador de escorrentía, pero este riesgo ambiental no es incrementado por la práctica del riego, cuando éste último sea por sistemas localizados. Los riegos localizados, por su baja intensidad, no aumentan el fenómeno de la escorrentía superficial incluso en emplazamientos desfavorables (fuertes pendientes), debido a que la fracción de suelo mojada por el riego (que normalmente reduce la infiltración de las lluvias por tener un menor potencial matricial en el suelo) es muy reducida. Al contrario, el riego localizado tiene a menudo un efecto indirecto de reducción de los procesos de escorrentía, en cuanto un olivar de riego suele tener más volumen de copa respecto a uno de secano. Las hojas y ramas de los árboles interceptan la lluvia y atenúan la intensidad de las precipitaciones sobre el suelo, permitiendo que más agua se infiltre en éste último; además, en la zona del suelo bajo la copa de los árboles el agua infiltra mejor que en las calles, y la superficie de éstas zonas protegidas por la copa aumenta en los olivares regados, por ser su cubierta más densa y amplia.

Adicionalmente, la instalación de cubiertas herbáceas vegetales (el sistema más eficiente para contrarrestar los procesos de escorrentía superficial y erosión en olivares), resulta a menudo facilitado en condiciones de riego.

### 2.2.4 Uso de agua

Las plantas verdes fijan  $\text{CO}_2$  atmosférico mediante fotosíntesis. Cuando el  $\text{CO}_2$  penetra en la planta a través de los estomas, parte del agua que satura sus tejidos se libera a la atmósfera en forma de vapor. Este proceso inevitable, conocido como transpiración, es el tributo que tienen que pagar las plantas para crecer y producir biomasa. Cuando el contenido de agua en el suelo es insuficiente para reponer las pérdidas por transpiración en su totalidad, la planta sufre un déficit hídrico que reduce su crecimiento y producción. A nivel cultivo se considera a la evapotranspiración (ET), que incluye a la transpiración y a la evaporación desde la superficie del suelo, como el principal proceso que contribuye a reducir el contenido de agua del suelo.

En clima mediterráneo la lluvia es insuficiente para compensar totalmente las pérdidas por ET de la mayoría de los cultivos durante largos períodos del año, por lo que el agua es el principal factor limitante de la producción en estos ambientes. La práctica del riego compensa el déficit entre ET y lluvia aumentando de forma muy notable los rendimientos normalmente obtenidos en condiciones de secano, pero puede convertirse en insostenible si las dotaciones de riego superan la capacidad de la cuenca hidrológica a medio plazo. El consumo excesivo de recursos hídricos es el principal riesgo ambiental asociado a la agricultura de regadío, y está especialmente vigente por tres motivos: 1) la competencia sobre el recurso agua de otros sectores económicamente muy fuertes (usos civiles, turismo y industrias), por ahora débil (ver sección 2.3), pero cuya tendencia es a aumentar; 2) la reducción de aportes (precipitaciones) y de aumento de uso (evapotranspiración) que se podrían producir en el balance hídrico a nivel de cuenca si se confirman las perspectivas existentes de cambio climático; y sobre todo 3) un exceso de superficie regada por fuentes no reguladas, que sobrepasen las capacidades de reabastecimiento de la cuenca (ver sección 2.3). Esta situación pone en evidencia la necesidad de usar de forma adecuada el agua de riego, lo que requiere un conocimiento preciso de la ET del cultivo.

La ET de una especie determinada depende de factores ambientales y de manejo, y se suele calcular como  $ET = ET_0 * K_c$ , o sea el producto de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) que representa la demanda evaporativa en un determinado lugar, por un coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), que contempla conjuntamente los efectos del estado de desarrollo (tamaño) del cultivo y la evaporación desde la superficie del suelo [4]. El caso del olivar es especialmente complejo porque la mayoría de los olivares cubren solo parte del suelo, lo que hace que el  $K_c$  sea muy variable, dependiendo del tamaño del árbol, del marco de plantación, de la frecuencia de humedecimiento del suelo, etc. El cálculo del  $K_c$  se puede llevar a cabo con elevada precisión a pesar de su variabilidad en el espacio y en el tiempo, utilizando la metodología detallada a continuación [5, 6].

### 2.2.5 Cálculo de las necesidades de riego

#### 2.2.5.1 Método para el cálculo de la evapotranspiración máxima

Se trata de considerar la evapotranspiración del olivar como suma de tres fuentes: transpiración de la planta ( $E_p$ ), evaporación de la superficie del suelo general ( $E_s$ ) y (en caso de

riego localizado, que es el caso más frecuente en olivar) evaporación desde el suelo mojado por los goteros ( $E_g$ ). Estos tres flujos de salida se calculan multiplicando la evaporación de referencia ( $ET_0$ ) por tres coeficientes específicos, respectivamente  $K_p$ ,  $K_s$  y  $K_g$ , cuya suma representa el coeficiente de cultivo  $K_c$ . El método obtiene estos coeficientes mes a mes, con cálculos simples en función de tamaño de los árboles, variables meteorológicas mensuales y características de manejo.

El método se basa en determinar la interceptación de la radiación solar por las copas de los olivos; ésta se expresa con un coeficiente ( $Q_d$ ) que varía entre dos valores límite, puramente virtuales: 0 (suelo desnudo, no hay olivos: toda la radiación solar llega al suelo) y 1 (cobertura completa: toda la radiación es interceptada por las copas de los árboles). Los cálculos para obtener el  $Q_d$  se muestran en la sección A de la Tabla 1 (ecuaciones de 1 a 6). El cálculo de la interceptación de radiación se debe repetir cuando cambie el tamaño de los árboles, por que éstos hayan crecido o se hayan podado.

**Tabla 1. Método de cálculo de la evapotranspiración máxima del olivar**

<b>A Cálculos preliminares para determinar la interceptación de radiación <math>Q_d</math>:</b>	
1	CS: Fracción de suelo cubierto (fracción, entre 0 y 1) $(\pi D^2) / 4 * (dp/10000)$
2	$V_0$ = volumen de copa ( $m^3$ / árbol) $V_0=1/6\pi D^2 * H$
3	$V_u$ : volumen de copa por unidad de superficie ( $m^3$ / $m^2$ ) $V_u=V_0 * (dp / 10000)$
4	DAF: densidad de área foliar $DAF= 2 - 0.53*(V_u-0.5)$ Nota: DAF no puede ser >2.
5	$K_{ext}$ : coeficiente de extinción de la radiación $K_{ext} = 0.52 + 0.00079 * dp - 0.76 * e^{-1.25 * DAF}$
6	$Q_d$ : fracción de radiación interceptada $Q_d = 1 - e^{-K_{ext} * V_u}$
<b>B Cálculo de los componentes del coeficiente de cultivo <math>K_c</math>:</b>	
7	$K_p$ : coeficiente de transpiración $K_p = Q_d * F_1 * F_2$ (ver tabla 2)
8	$K_s$ : coeficiente de evaporación desde el suelo $K_s = \left[ 0.28 - 0.18CS - 0.03ET_0 + \frac{3.8FL(1-FL)}{ET_0} \right]$ Nota: $K_s$ debe ser siempre > 0.3/ $ET_0$
9	$K_g$ : coeficiente de evaporación desde el suelo mojado por los goteros $K_g = \frac{1.4 e^{-1.4 * Q_d} + \left( 4.0 \frac{\sqrt{I-1}}{ET_0} \right)}{I}$ Nota: $K_g$ debe ser siempre $\leq 1.4 e^{-1.6 Q_d}$

<b>C Cálculo de las fuentes de la evapotranspiración</b>	
10	$E_p$ : transpiración de la planta $E_p = ET_0 * K_p$
11	$E_s$ : evaporación desde el suelo $E_s = (ET_0 * K_s) * (1-fw)$ Nota: $fw = 0$ en los meses en que no se riega
12	$E_g$ : Evaporación desde el suelo mojado por los goteros $E_g = (ET_0 * K_g) * fw$ Nota: $fw = 0$ (y por consecuencia $E_g=0$ ) en los meses en que no se riega
13	ET: Evaporación total $ET = E_p+E_s+E_g$
<b>Símbolos:</b>	
D	Diámetro medio de copa (m)
H	Altura de la copa de los árboles (m)
dp	Densidad de plantación (árboles / ha)
FL	Frecuencia de lluvia (número lluvias en un mes / número de días del mes)
i	Intervalo entre riegos (con riego diario $i = 1$ )
fw	fracción de suelo mojado por los goteros (fracción, entre 0 y 1)

Obtenido el  $Q_d$ , se procede a calcular  $K_p$ ,  $K_s$  y  $K_g$  para cada mes, utilizando al respecto la sección B de la Tabla 1 (ecuaciones de 7 a 9), y la Tabla 2 para los valores de  $F_1$  y  $F_2$  requeridos en la ecuación 7. Una vez obtenidos los tres componentes del  $K_c$  en cada mes del año, la sección C de la Tabla 1 (ecuaciones 10, 11 y 12) nos dará la evaporación de cada fuente,  $E_p$ ,  $E_s$  y  $E_g$ . Es importante recordar que no hay suelo mojado por los goteros en los meses en que no se riega; la fracción de suelo mojada por los goteros ( $fw$ ) valdrá 0 en estos meses, y por consecuencia  $E_g$  también será igual a 0.

**Tabla 2. Valores de los parámetros F1 y F2 para el cálculo de la componente de transpiración del coeficiente de cultivo ( $K_p$ )**

<b>Valores de F1 para el cálculo del <math>K_p</math></b>			
F1 = 0.72 para densidades de plantación < 250 árboles /ha			
F1 = 0.66 para densidades de plantación > 250 árboles /ha			
<b>Valores de F2 para el cálculo del <math>K_p</math></b>			
Mes	F2	Mes	F2
Ene	0.70	Jul	1.25
Feb	0.75	Ago	1.20
Mar	0.80	Sep	1.10
Abr	0.90	Oct	1.20
May	1.05	Nov	1.10
Jun	1.25	Dic	0.70

Sumando  $E_p$ ,  $E_s$  y  $E_g$  se obtiene la evapotranspiración máxima del olivar (Tabla 1, ecuación 13). Ésta representa toda el agua que se transforma en vapor en un olivar que no sufre estrés hídrico - es decir donde no se produce cierre estomático. Es una información clave: estas necesidades hídricas no serán superadas en ningún momento, y el riego puede ser planificado para como máximo alcanzar estas necesidades; si suministramos más agua, esta se desaprovechará.

Es aconsejable emplear este método en dos fases [6]. La primera prevé los cálculos del “año medio” (los valores promedios de  $ET_0$  y de frecuencias mensual de lluvia de una zona determinada, así como los valores promedios de dimensiones de árboles, la duración media de la estación de riego, etc.) Esta primera fase permite obtener una aproximación de la evapotranspiración media mensual del olivar específico en el promedio de las condiciones esperadas durante un largo periodo, y sirve para diseñar la instalación y para aplicar un programa fijo (igual todos los años) de riego, que cubre las necesidades del año medio. La segunda fase se pone en práctica cuando se dispone de datos agrometeorológicos (lluvias y  $ET_0$ ) en tiempo real: la evapotranspiración media mensual se corrige *a posteriori* volviendo a aplicar las ecuaciones de 7 a 13 mensualmente, con los datos reales de  $ET_0$ , frecuencia de lluvia, fracción de suelo mojado e intervalo entre riegos. Así, la evapotranspiración calculada tendrá en cuenta las características específicas del año meteorológico en curso. Normalmente, en condiciones de clima mediterráneo, las correcciones para un año particular son pequeñas, y sólo afectan a la fecha de comienzo de los riegos (que se adelanta después de inviernos secos) o a su finalización al comienzo de las lluvias de otoño. En Andalucía las cantidades de riego a aplicar en el período Junio-Septiembre pueden considerarse las mismas todos los años sin que ello suponga un error apreciable.

### 2.2.5.2 Programación de riegos

Las necesidades hídricas de nuestro olivar, que hemos obtenido con la metodología descrita anteriormente (Tabla 1), nos permiten llegar a la planificación del riego a través del balance de agua:

$$CAS = P + R - ET$$

donde, en un periodo cualquiera, CAS es la variación del contenido de agua del suelo, P es la precipitación, R es el riego y ET la evapotranspiración.

En la Figura 1 se esquematiza el balance de agua de un olivar (simplificado, ya que no se tienen en cuenta aquí las pérdidas de escorrentía y percolación), que se puede considerar en analogía a un balance económico. Las entradas a cuenta (el agua en el suelo es la “caja”) son las precipitaciones y el riego, y se muestran en color azul. Las salidas (o gastos, en color rojo) son la transpiración de las plantas (desde las hojas) y la evaporación desde el suelo, esta última separada en sus dos componentes del suelo general y del mojado por los goteros (Figura 1).

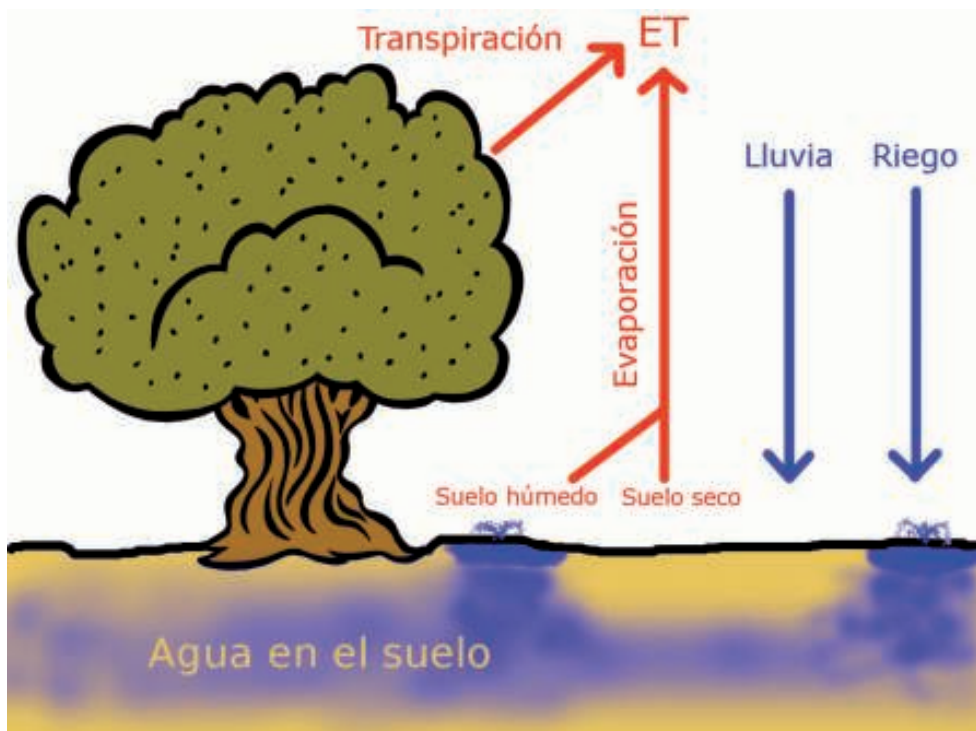


Figura 1. El balance de agua de un olivar regado por goteo.

Todo programa de riego basado en balance de agua debe partir del conocimiento de las características hidrológicas estándar del suelo: capacidad de campo (CC, contenido máximo de agua que es capaz de retener el suelo a largo plazo); punto de marchitez (PM, contenido de agua en el suelo por debajo del cual la planta no puede extraer agua), y profundidad del suelo. La diferencia entre CC y PM se define como Intervalo de Humedad Disponible (IHD, ver Tabla 3); multiplicando este valor por la profundidad radicular en mm se obtiene el total de la lámina de agua (en mm) almacenable en el suelo que puede ser utilizada por el cultivo [7]. A pesar de que el olivo es capaz de profundizar mucho con sus raíces, nosotros aconsejamos no utilizar profundidades superiores a 1 m a fines de cálculo de balance hídrico, debido a la inseguridad en el conocimiento de la profundidad real del suelo y de su variabilidad espacial en la parcela.

**Tabla 3. Parámetros hidrológicos estándar de suelos por clase de textura. Adaptado de Villalobos y otros [7].**

	Capacidad de Campo (CC, %)	Punto de Marchitez (PM, %)	Intervalo de humedad disponible (ID, %)
Arenoso	15	7	8
Franco-Arenoso	21	9	12
Franco	31	14	17
Franco-arcilloso	36	17	19
Arcillo-limoso	40	20	20
Arcilloso	44	21	23

Es importante recordar que no toda este agua “extraíble” puede ser extraída con la misma facilidad: conforme el perfil se va secando, las plantas extraen agua con dificultad creciente, y se produce estrés hídrico. Como norma general, para el olivo solo el 70-75% del agua extraíble lo es sin perjuicio de la producción. Llamamos este porcentaje “Nivel de Agotamiento Permissible” (NAP); en plantaciones jóvenes el NAP debe de ser fijado de manera más conservadora (aproximadamente 50%).

Multiplicando  $IHD * profundidad\ radicular\ (en\ mm) * NAP$  obtendremos el Déficit Permissible (DP), que es el valor (en mm) por debajo de la capacidad de campo a que puede descender el agua del suelo sin detrimento a la producción.

En la ecuación del balance de agua, la lluvia (P) es conocida (se puede medir en finca con pluviómetros, o obtenerla de los datos publicados de la estación meteorológica más cercana; la ET podemos calcularla con el método descrito anteriormente (Tabla 1); podemos entonces aplicar riegos dimensionados exactamente para hacer variar el agua en el suelo según los fines que nos proponemos. Dicho de otro modo: ahora podemos aplicar diferentes estrategias de riego, en función del objetivo de producción de nuestro olivar específico y del agua que podemos gastar, sin desperdiciarla.

### **2.2.5.3 Estrategias de riego para máxima producción**

Hay dos diferentes estrategias que se pueden aplicar para que el olivar no sufra estrés hídrico en ningún momento.

La primera, que es la más simple, consiste en regar con la ET descontada de las lluvias, mes a mes; dicho de otra forma, sería reponer los gastos en el balance, o hacer que cada mes la cantidad de agua que entra en el suelo (las dos flechas azules de Figura 1) sea igual a la que sale (flechas rojas). Un ejemplo de riego con ET-P es visible en la columna “f” de la Tabla 4.

**Tabla 4. Ejemplo de estrategia de riego para máxima demanda, con cantidad fija, utilizando el contenido de agua del suelo.**

Este ejemplo de cálculo es para un olivar adulto de 100 árboles/ha, que cubre el 38% del suelo. El déficit permisible es de 150 mm. La ET se calcula con el método descrito en la Tabla 1; los datos climáticos (lluvias y ET0) son los de Córdoba. El ejemplo considera que al final de la estación de lluvias el suelo ha alcanzado la capacidad de campo.

MES	a ET0 mm/día	b Kc	c ET mm/día	d ET mm/mes	e Lluvia mm/mes	f ET- lluvia mm/mes	g Riego mm/día	h Déficit mm/mes	i Déficit acumulado mm
Enero	1.20	0.90	1.1	33	49	-16	0	-16	0
Febrero	2.00	0.69	1.4	38	46.2	-8	0	-8	0
Marzo	2.80	0.56	1.6	48	55.3	-7	0	-7	0
Abril	4.10	0.49	2.0	61	33.6	27	27	0	0
Mayo	5.40	0.44	2.4	74	23.8	50	36	14	14
Junio	6.30	0.41	2.6	78	11.2	67	36	31	45
Julio	7.20	0.40	2.9	89	0	89	36	53	98
Agosto	6.30	0.39	2.5	77	0	77	36	41	139
Septiembre	4.60	0.46	2.1	63	23.8	39	36	3	142
Octubre	2.80	0.63	1.8	55	40.6	14	14	0	142
Noviembre	1.50	0.88	1.3	40	62.3	-23	0	-23	120
Diciembre	1.10	0.95	1.0	32	65.1	-33	0	-33	87
<b>TOTAL</b>							<b>221</b>		

Columna	valor obtenido de:
a	estaciones agrometeorológicas
b	método de cálculo propuesto (ver Tabla 1)
c	a * b
d	c * número de días en el mes
e	estaciones agrometeorológicas
f	d - e
h	f - g
i	i (mes anterior) + h (mes)

De esta manera, el agua contenida en el suelo no varía a lo largo de la estación de riegos, y el suelo se mantiene húmedo (en profundidad) hasta el otoño. Cuando se reanudan las lluvias, estas caen en un suelo casi lleno, que no puede retenerlas sino en pequeña cantidad, provocando percolación masiva y dos problemas asociados a sostenibilidad: 1) drenaje de solutos (ver sección 2.2.1) y 2) uso excesivo de agua. Sobre todo este último es alarmante: las cantidades de agua de riego necesarias para regar con ET-P son tales que aplicando esta estrategia a las hectáreas de olivar de riego presentes al momento en Andalucía, sobrepasarían



amos de mucho la capacidad de recarga de la cuenca. **Esta estrategia no es sostenible en las actuales condiciones, y debe de ser aplicada exclusivamente en casos específicos donde el riego con aguas salinas o residuales amenace la fertilidad de los suelos por procesos de acumulación de sales, o en suelos cuya capacidad de retención sea extremadamente baja (suelos muy poco profundos y pedregosos).**

La segunda estrategia de riego para máxima demanda que se describe utiliza mucha menos agua que la anterior, y tiene en consecuencia un más alto nivel de sostenibilidad para uso de agua. Esta estrategia contabiliza el agua contenida en el suelo al comienzo de la estación de riego.

En clima mediterráneo las lluvias se concentran en la estación fría, y frecuentemente en primavera el suelo se encuentra muy cargado de agua, normalmente en un estado muy cercano a la capacidad de campo. Si regamos con una cantidad mensual inferior a ET-P, o sea, inferior a las necesidades, los árboles extraerán del suelo la diferencia entre éstas y el riego suministrado. El suelo se irá secando lentamente durante la estación de riego, pero los olivos no sufrirán estrés si el riego que proporcionamos, aun que inferior a las necesidades, es suficiente para llegar a las lluvias de otoño sin sobrepasar el déficit permisible (DP, ver sección 2.2.5.2).

La cantidad de riego para suministrar mensualmente (que puede ser fija, mientras que en la estrategia anterior variaba con la demanda) se puede aproximar fácilmente por pruebas y errores con una tabla de valores estacionales medios como la presentada en la Tabla 4. Dicha tabla es la herramienta fundamental de la programación de riegos a través del balance de agua; las cantidades de riego (columna g) se pueden comparar con las generadas por la estrategia anterior (riego con ET-P, columna f). En años de invierno seco el suelo puede no alcanzar la capacidad de campo: en este caso se aconseja empezar la estación de riego con antelación respecto al año medio.

La estrategia de riego que hace uso del agua contenida en el suelo puede llegar a ahorrar, en suelos profundos y con buena capacidad de retención hídrica (suelos muy comunes en las zonas olivareras de Andalucía) un 35-50% del volumen de riego resultante de la estrategia anterior, dependiendo de la tipología de olivar. Aunque con esta última estrategia el ahorro de agua es grande, la sostenibilidad del riego para máxima demanda (en lo que concierne al riesgo de excesivo uso de agua a nivel de cuenca) no está garantizada con las actuales capacidades de suministro de la cuenca del Guadalquivir (ver sección 2.3). El futuro del riego del olivar en Andalucía, a menos de una sustancial reducción en la superficie regada, deberá ser principalmente mediante el uso de riego deficitario.

#### **2.2.5.4 Estrategias de riego deficitario**

Se entiende por riego deficitario el riego que permite que la cantidad de agua en el suelo descienda por debajo del déficit permisible, por lo menos durante un periodo de tiempo. La mayor dificultad en extraer agua de un suelo muy seco provoca estrés hídrico en las plantas, cuyos síntomas son la reducción del crecimiento y el cierre estomático, con la consecuente reducción en la fotosíntesis y menor producción agronómica.

No obstante, el riego deficitario en muchos casos obtiene resultados productivos mucho más cercanos al riego para máxima producción que al secano [8]. La productividad del agua (kg de producto obtenido por kg de agua utilizado) es fuertemente incrementada respecto al riego para máxima demanda [9]. En casos de alto coste o baja disponibilidad del agua de riego, el riego deficitario permite ahorrar mucha agua, y al mismo tiempo obtener producciones muy elevadas (en algunos años húmedos hasta iguales a las obtenidas regando para máxima demanda).

Los problemas principales en la aplicación del riego deficitario no están en la determinación de las cantidades (ya que éstas muchas veces no son elásticas, y por definición son insuficientes a determinar la máxima cosecha), sino cuanto a la mejor manera de aplicarlas y en la cuantificación de las consecuencias del ineludible estrés hídrico (la reducción de la cosecha y los efectos a largo plazo sobre árboles y suelo). Sobre todo, estando ya en una situación de estrés fisiológico para los olivos, los márgenes de error aceptables en los planes de riego son muy reducidos. La infraestimación del nivel de estrés o la imposición de estrés en periodos en que el olivo es más sensible, si bien no suelen poner en peligro la vida de los árboles, pueden perjudicar mucho los rendimientos. Por este motivo, el riego deficitario debe ser aplicado con cuidado, siendo de especial importancia el mantenimiento de un buen estado hídrico en las fases de floración y cuajado, cuando no se debe ahorrar agua si el contenido de agua en el suelo se aproxima al déficit permisible (situación no infrecuente en primavera muy secas en Andalucía). De gran ayuda en la aplicación del riego deficitario son las medidas del estado hídrico de las plantas (por ejemplo potencial hídrico de hoja) o de contenido de agua en el suelo.

En general, dos son las estrategias de riego deficitario aplicables al olivar: riego deficitario sostenido (RDS) y riego deficitario controlado (RDC). El RDS consiste en regar con una cantidad de agua que es una **fracción fija** del riego para máxima demanda (ver sección 2.2.5.1 y 2.2.5.2 para su determinación), sin interrupciones o modificaciones a lo largo de la estación de riego. La planta sufre un estrés progresivamente mayor (cerrando los estomas de las hojas) conforme va agotando la reserva del suelo. Como el riego no sufre interrupciones, el olivo puede contar siempre con cierto suministro de agua fácilmente utilizable (aunque inferior a la demanda potencial), con lo cual la entrada en estrés es gradual, y en general se evitan niveles de estrés hídricos extremos.

El RDC, al contrario, se caracteriza por variar la cantidad de riego en función de la fase fenológica del cultivo. El olivo parece ser menos sensible (en términos de reducción de la cosecha final) en la fase de endurecimiento del hueso y al principio de la fase del llenado de frutos, que suelen ocurrir en los meses de julio y agosto en el valle del Guadalquivir. La estrategia de RDC reduce ulteriormente el riego en estas fases (hasta suspenderlo), permitiendo así repartir en las otras fases fenológicas más sensibles el agua ahorrada durante este período. El RDC es una estrategia más sofisticada respecto al RDS, pero implica un periodo con niveles de estrés muy similares al cultivo de secano, y los cambios de estado hídrico de la planta son más abruptos respecto a la estrategia de RDS.

En un ensayo de campo de tres años de duración [9], los tratamientos de RDS y RDC, regados con sólo el 25% de las necesidades para máxima demanda, han alcanzado el 75% de la

producción de aceitunas obtenida de los árboles regados sin limitación. Debido a una mayor concentración de aceite en frutos, la producción de aceite por hectárea de RDC y RDS fue reducida de sólo el 15% respecto a los árboles bien regados; no se encontraron diferencias significativas entre RDS y RDC.

Una característica común a toda estrategia de riego deficitario es una reducción consistente en el crecimiento vegetativo. Este efecto puede ser beneficioso en plantaciones adultas (se reduce la frecuencia de las operaciones de poda y su coste), pero las plantaciones en crecimiento pueden retrasarse varios años en alcanzar la máxima producción. Por el mismo motivo, existe la duda que un régimen de riego deficitario muy intenso podría, en el largo período, deprimir la producción más de lo esperado, por falta de nudos fructíferos y depresión progresiva de la densidad foliar. Esta posibilidad deberá ser estudiada en futuras investigaciones.

Cabe recordar que bajo riego deficitario el suelo llega muy seco al final del verano, en condiciones similares a los cultivos de secano. En años secos las precipitaciones durante la estación lluviosa pueden ser insuficientes para lavar las sales aportadas por el agua del riego, dando lugar a una salinización progresiva del suelo. Por este motivo el riego deficitario es sostenible sólo en condiciones de buena calidad de agua de riego y evitando aportes de fertilizantes superiores a la extracción del cultivo.

### 2.3. Olivar y productividad del agua

Siendo el agua un recurso limitado (y el principal factor limitante de la producción agrícola en los climas semiáridos como es Andalucía), es lógico que se deba buscar su uso óptimo. Si un agricultor tiene acceso a una cantidad fija de agua, insuficiente para regar todos sus cultivos, debería reservarla para los cultivos que mejor la utilizan, o sea para aquellos que más incrementan su producción para cada m<sup>3</sup> de agua suministrado en la forma de riegos. El olivar en esto tiene ventaja: se ha demostrado [9] que el olivar tiene una productividad del agua de riego que es por lo menos 4-5 veces más alta (en términos de ingresos por unidad de agua aplicada) que la de todos los otros cultivos de regadío de Andalucía. La relación entre ET y producción es curvilínea [10], indicando que reducciones moderadas en la ET del cultivo producen mínimas reducciones en producción.

Un olivar tradicional adulto, como el ejemplo mostrado en la Tabla 4, regado con la estrategia que hace uso del agua del suelo, sólo necesita (en promedio) 220 mm (2200 m<sup>3</sup>/ha) de agua de riego para alcanzar la plena producción; este valor es muy inferior a todos los otros cultivos de regadío (ver sección 2.4 a continuación).

El regadío es necesario en la agricultura de los climas semiáridos: lo era hace miles de años y lo sigue siendo hoy. Sería incorrecto considerar la agricultura de regadío como un derroche de recursos: si se actúa correctamente, el regadío es una práctica sostenible que ha alimentado nuestros antepasados y seguirá haciéndolo con nuestros descendientes. Para que sea así, hay que poner atención a no sobrepasar la capacidad de los ecosistemas, y para ello son necesarias políticas conscientes que regulen las captaciones de agua y que vigilen sobre la sostenibilidad de su uso.

## 2.4. El regadío del olivar y los recursos hídricos en la cuenca del Guadalquivir

El olivar ocupa un 23 % del territorio total de la cuenca del Guadalquivir, según las estimas más recientes disponibles y constituye una de las señas de identidad de su paisaje. Como se ve en la Figura 3, es el uso del suelo mayoritario en la mayor parte de la provincia de Jaén, en grandes zonas de la de Córdoba y en menor medida, de las de Sevilla y Granada. Se observa una presencia mucho mayor en la margen izquierda del Guadalquivir (campañas y serranías subbéticas, sobre todo) que en la derecha (Sierra Morena).

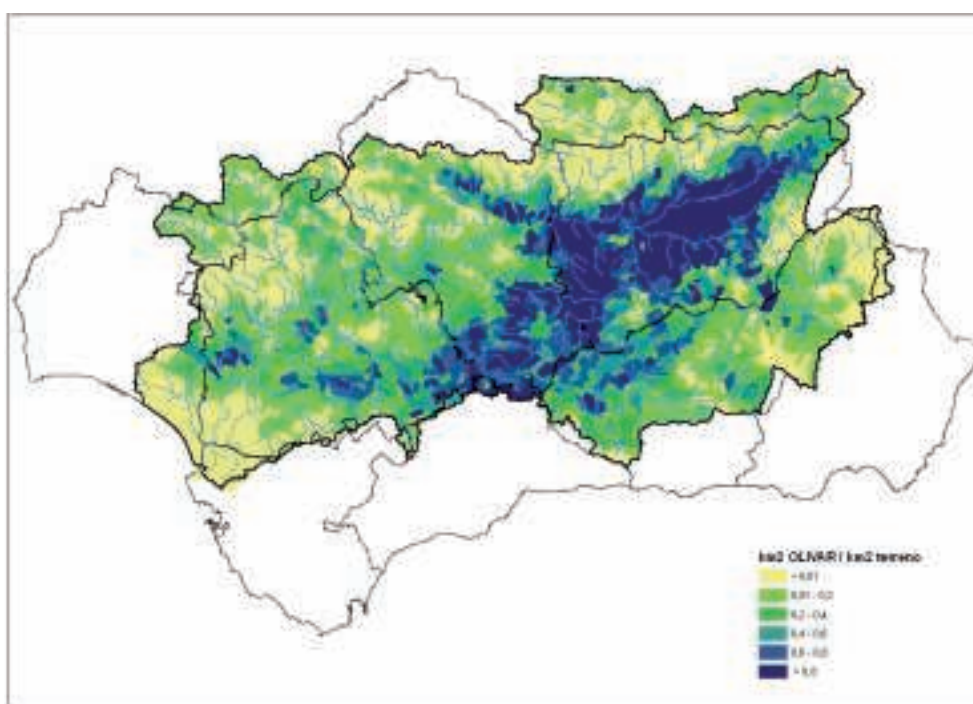


Figura 3. Distribución espacial del olivar en la cuenca del Guadalquivir.

En esta sección se analizan las repercusiones sobre los recursos hídricos de la cuenca de la reciente puesta en riego de buena parte de esta superficie. La mayor parte de la información, incluyendo volúmenes y superficies, procede del Esquema Provisional de Temas Importantes del Próximo Plan de Cuenca del Guadalquivir [11], sometido a Consulta Pública desde el 31 de Julio de 2008, durante seis meses dentro del proceso de Planificación que deberá culminar con la publicación del próximo Plan de la demarcación del Guadalquivir. Es la mejor información disponible en el momento de la redacción del texto, sin embargo, dado que se seguirá levantando información en el marco de dicho proceso, los datos finales podrán presentar algunas desviaciones con lo aquí expuesto. La unidad territorial empleada en los mapas es la cuenca hidrográfica elemental, definida en el estudio *“Experiences in Analysis of*

*Pressures and Impacts from Agriculture on Water Resources and Developing a related Programme of Measures*" [12]. En él se dividió la cuenca del Guadalquivir en un total de 3.194 sub-cuencas elementales.

Esta gran extensión del olivar era casi exclusivamente de secano hasta fechas muy recientes. El panorama ha cambiado considerablemente en los últimos quince años, que han contemplado una expansión sin precedentes de la puesta en riego de este cultivo, desde las 43.000 inventariadas en 1.992 hasta la última estima disponible de 380.510 ha, Figura 4, al amparo de una serie de coyunturas favorables: incorporación de España a la Política Agraria Común de la Unión Europea, desarrollo y mejora de las técnicas de riego localizado y de captación de aguas subterráneas y al hecho (no coyuntural) de que una ha de olivar en riego asegura una buena producción con una dotación de agua de solo un tercio de la de otros cultivos tradicionales de regadío, o incluso inferior.

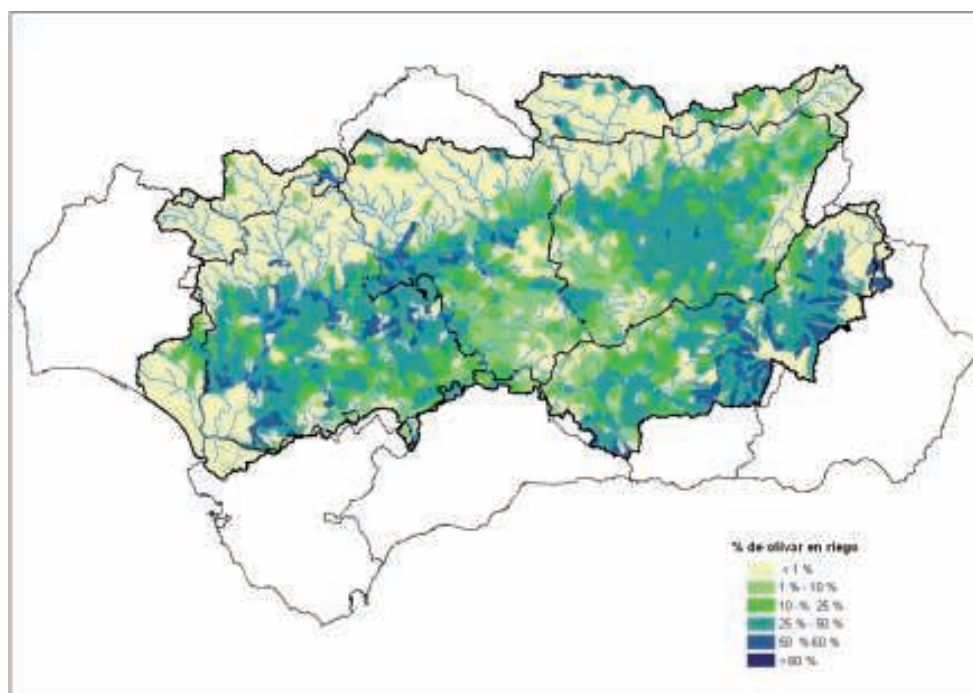


Figura 4. Distribución espacial del % de regadío en el olivar en la cuenca del Guadalquivir.

Frecuentemente esta expansión ha tenido lugar en zonas de alto valor ambiental y que anteriormente eran marginales para el cultivo (zonas de pendiente ó de uso forestal) o en otras en los que se hacía un manejo tradicional del territorio, con técnicas de agricultura extensiva. Dado que el incremento de la superficie de olivar en regadío ha proporcionado un sensible aumento en la renta de la población rural se plantea una doble competencia, por el agua y por el territorio.

Según las últimas estimas disponibles, las demandas de agua totales en la cuenca del Guadalquivir ascienden a 4.030 hm<sup>3</sup> anuales, de los que 3.485 corresponden al riego de 801.510 ha, 444 al abastecimiento urbano y el resto a la ganadería e industria no conectada a redes municipales.

El regadío es, con mucho, el principal consumidor de agua de la cuenca, con un 87 % de la demanda total. El olivar tiene un peso fundamental, ya que con 380.510 ha y 864 hm<sup>3</sup> de demanda anual representa el 47 % de la superficie en riego y el 26% de su demanda, siendo el primer consumidor de agua de la cuenca, seguido a gran distancia del abastecimiento humano (444 hm<sup>3</sup>, que cuentan con un nivel de garantía muy superior, dada su prioridad) y del arroz (433 hm<sup>3</sup>).

En el vigente Plan Hidrológico de Cuenca, (PHC en lo sucesivo) se inventariaba una superficie de olivar en riego en la cuenca de 43.000 ha en 1992. Considerándose una dotación y eficiencia previstas de 3.000 m<sup>3</sup> anuales por hectárea y 0,7, respectivamente, su demanda ascendía a 184 hm<sup>3</sup>, en su mayor parte regulados por infraestructuras (embalses).

Las previsiones de este documento afectaban fundamentalmente a las aguas superficiales. En lo que respecta a las subterráneas, se limitaba a enunciar una serie de *"Normas para el otorgamiento de nuevas concesiones"*, condicionadas por distintas variables y definidas para las distintas Unidades Hidrogeológicas definidas en el Plan. La expansión prevista se calificaría ahora de moderada, y alcanzaba 113.000 ha en 2012, con una demanda de unos 366 hm<sup>3</sup>, en su mayor parte servida por aguas superficiales. Este incremento debía estar garantizado por aguas reguladas procedentes de nuevas infraestructuras, como los embalses de Úbeda la Vieja, La Breña II o El Arenoso y que han sufrido una suerte dispar: Úbeda la Vieja no superó la preceptiva Evaluación de Impacto Ambiental y ha sido descartada y las otras dos han sufrido un gran retraso con respecto a los plazos previstos. Por tanto, el crecimiento de la superficie de olivar en regadío ha tenido lugar, en buena medida, al margen de las aguas reguladas, usando otras dos fuentes de recursos con una intensidad no evaluada por la Planificación Hidrológica:

1. Las aguas subterráneas: Su uso ha tenido una expansión que ha superado cualquier previsión: Actualmente se estima en 197.066 ha de olivar regadas con este tipo de recurso, con una demanda de 362 hm<sup>3</sup> anuales. El incremento ha tenido lugar a lo largo de toda la cuenca, obviamente con mayor incidencia en las zonas más productivas desde un punto de vista hidrogeológico, entre las que destacan los acuíferos calizos de la provincia de Jaén (Sierra Mágina, Loma de Úbeda y Cazorra) y en menor medida, de Córdoba y Granada y los de tipo detrítico situados en las campiñas del sur de las provincias de Sevilla y Córdoba.
2. Las aguas no reguladas: Entendemos por tales las aguas superficiales que no proceden de infraestructuras de regulación. Se captan de ríos no regulados (sin embalses) o de ríos regulados sin que medien desembalses, con aguas de escorrentía, fundamentalmente invernales. El PHC contemplaba este modo de explotación como transitorio en la mayor parte de los casos, mientras se construían las infraestructuras que proporcionarían el recurso regulado. Las circunstancias anteriormente indicadas han favorecido la consolidación de esta solución. Frecuentemente implican la construcción de estructuras propias de regulación (balsas) por parte de los regantes, en las que se almacena el agua captada en el pe-

riodo autorizado para ello (de Octubre a Abril, época en la que no se desembalsa). Se estima que existen 80.705 ha de olivar que extraen el agua de cauces no regulados. Sin embargo la superficie de este tipo puede ser sensiblemente mayor, ya que una parte significativa de las 93.953 ha cuyas tomas se sitúan en cauces regulados tienen en su condicionado la obligatoriedad de captar entre Octubre y Abril, sobre todo en el río Guadalquivir a su paso por la provincia de Jaén, por lo que técnicamente también se deberían considerar como no regulados. Sin embargo, la falta de información al respecto en las bases de datos existentes hace difícil precisar esta cifra, carencia que se espera quede subsanada próximamente, cuando finalice el trabajo de campo del Inventario de Riegos actualmente en elaboración. En sentido opuesto, hay también que indicar que cada año se realizan, a petición de los interesados y si la Comisión de Desembalse lo estima oportuno, “riegos de socorro” con un volumen total en torno a 40 hm<sup>3</sup> anuales de aguas reguladas, destinados a paliar situaciones deficitarias relativas a estos riegos invernales.

Esta práctica ha tenido un importante efecto sobre los ríos de algunas zonas de la cuenca. Disminuye las aportaciones en el periodo invernal en una cantidad que globalmente, y según la situación hidrológica puede alcanzar los 250 hm<sup>3</sup> anuales. Como consecuencia, hay ríos pequeños y medianos que han visto mermados sus caudales circulantes, sobre todo en afluentes por la margen izquierda de la provincia de Jaén. Esto afecta al mismo Guadalquivir, cuyos caudales en invierno dependen en buena medida de las aportaciones de los cauces no regulados, ya que el agua de los regulados queda retenida en su mayor parte por los embalses.

Ambas actuaciones (captación de aguas subterráneas y no reguladas) afectan a extensas zonas de la cuenca que hasta ahora eran casi exclusivamente de secano. La detracción conjunta, que oscila según los años, se sitúa en torno a los 600 hm<sup>3</sup> cúbicos anuales, que son extraídos bien directamente de la red fluvial o de los acuíferos que aseguran su flujo base, afectando a las aportaciones de manantiales y surgencias directas de las masas de agua subterránea.

También hay que mencionar la presencia de casi 9.090 ha de olivar en la cuenca que se riegan con aguas reutilizadas. Aunque en el ámbito de la cuenca tiene poca importancia, es relevante en ciertos municipios. Existe también una fuerte presión sobre estas aguas que en cauces pequeños y sometidos a fuertes extracciones proporcionan la mayor parte de los caudales circulantes. Si no hay contaminantes industriales peligrosos, se autodepuran y acaban sosteniendo comunidades biológicas que no existirían de otro modo. En los casos aislados en que esos caudales carezcan de una asignación explícita o implícita deberían dedicarse a sostener esos mínimos vitales y no a incrementar la oferta de nuevas superficies de regadío.

En la Figura 5 se observa la distribución espacial del origen del agua predominante a lo largo de la cuenca. Como ya se ha dicho, algunas de las captaciones de ríos regulados no deberían ser consideradas como tales dadas sus técnicas de captación y almacenamiento.

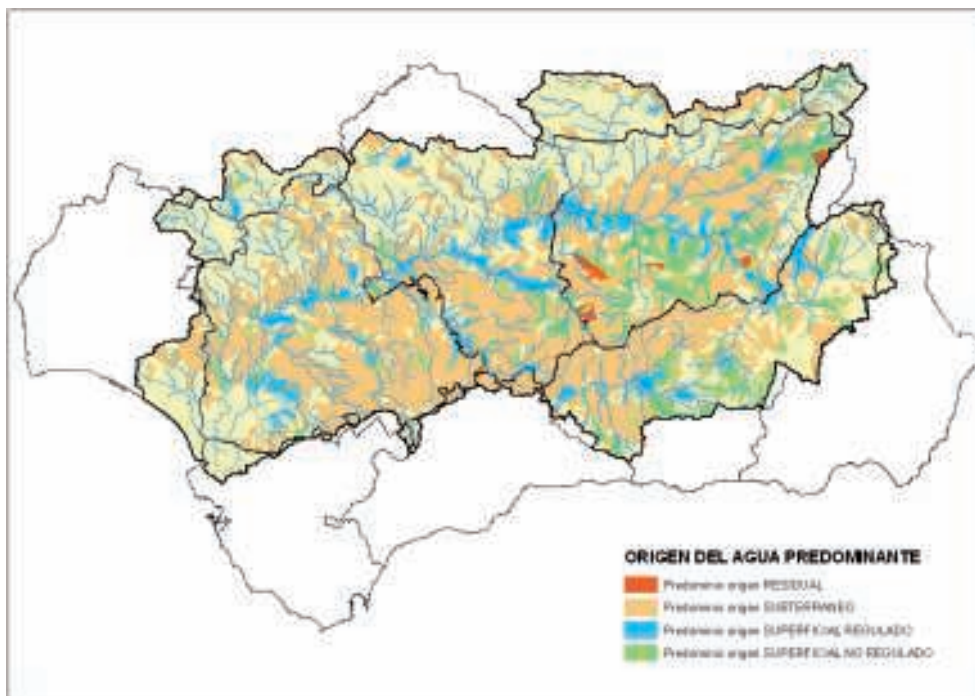


Figura 5. Distribución espacial del origen predominante del agua usada para el riego de olivar

El olivar es un cultivo perfectamente adaptado al clima mediterráneo, con su marcada estación seca. Dotaciones del orden de 1.500 m<sup>3</sup> anuales por ha garantizan incrementos muy sustanciales con respecto del rendimiento al secano usando técnicas de riego deficitario, si la edafología y la climatología son adecuadas. Además, en caso de necesidad, el olivar puede no ser regado sin sufrir graves daños, a diferencia de cultivos leñosos como los cítricos y otros frutales, lo que se observa en la Figura 2. Esto, unido a la limitada disponibilidad de agua y, en el caso de las subterráneas, al coste de bombeo, hace que la demanda media por ha sea muy baja comparada con otros cultivos, lo que queda patente si dividimos el regadío de la cuenca del Guadalquivir en tres grandes bloques (olivar, arroz y otros cultivos).



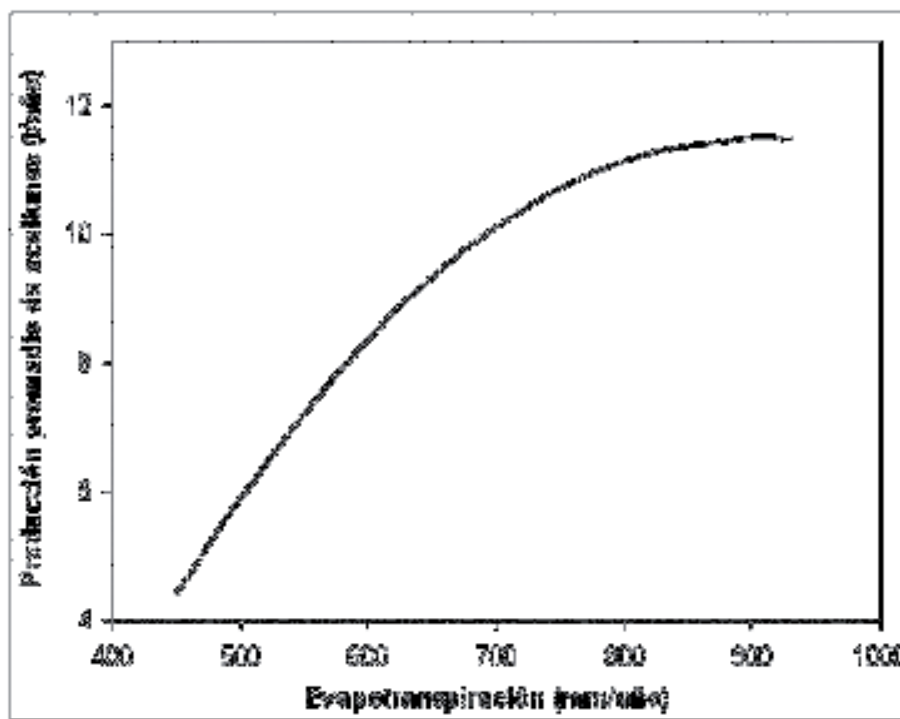


Figura 2. Producción de aceitunas en función de la evapotranspiración (adaptado de Moriana y Orgaz)

Arroz: 36.092 ha x 12.000 m<sup>3</sup>año/ha = 433 hm<sup>3</sup> anuales  
 Olivar: 380.510 ha x 2.269 m<sup>3</sup>año/ha = 864 h m<sup>3</sup> anuales  
 Otros cultivos 384.555 x 5.690 m<sup>3</sup>año/ha = 2.188 h m<sup>3</sup> anuales

Dentro del olivar en regadío existe todo un abanico de demandas, en función de la disponibilidad de agua, de las técnicas empleadas y el tipo de derecho que se posee. En la Tabla 5 puede verse una estima de la distribución porcentual de las dotaciones demandadas, y en la Figura 6 una distribución espacial. Estos datos se han obtenido a partir de un análisis de la información disponible en el que se recurrido a un cierto grado de subjetividad, dado lo incompleto de la misma. No ha sido posible diferenciar entre los que emplean aguas reguladas y no reguladas sin correr el riesgo de incurrir en errores importantes.

Tabla 5. Distribución porcentual de las dotaciones de riego demandadas.

Características	Superficial	Subterráneo	Residual	Total
Ha totales	174.354	197.066	9.090	380.510
Demanda (Hm <sup>3</sup> )	480	362	22	863
Demanda por ha	2753	1837	2420	2269

Dotación, m <sup>3</sup> /ha	Superficial, ha	Subterráneo, ha	Residual, ha	Total, ha
<1500	1.061	20.567	91	21.728
1500-2000	68.419	136.778	4.088	209.285
2000-3000	40.218	20.192	2.258	62.669
3000-4000	38.370	10.919	2.096	51.385
>4000	26.284	8.601	558	35.443

Dotación, m <sup>3</sup> /ha	Superficial, %ha	Subterráneo, %ha	Residual, %ha	Total, %ha
<1500	1	10	1	6
1500-2000	39	69	45	55
2000-3000	23	10	25	16
3000-4000	22	6	23	14
>4000	15	4	6	9

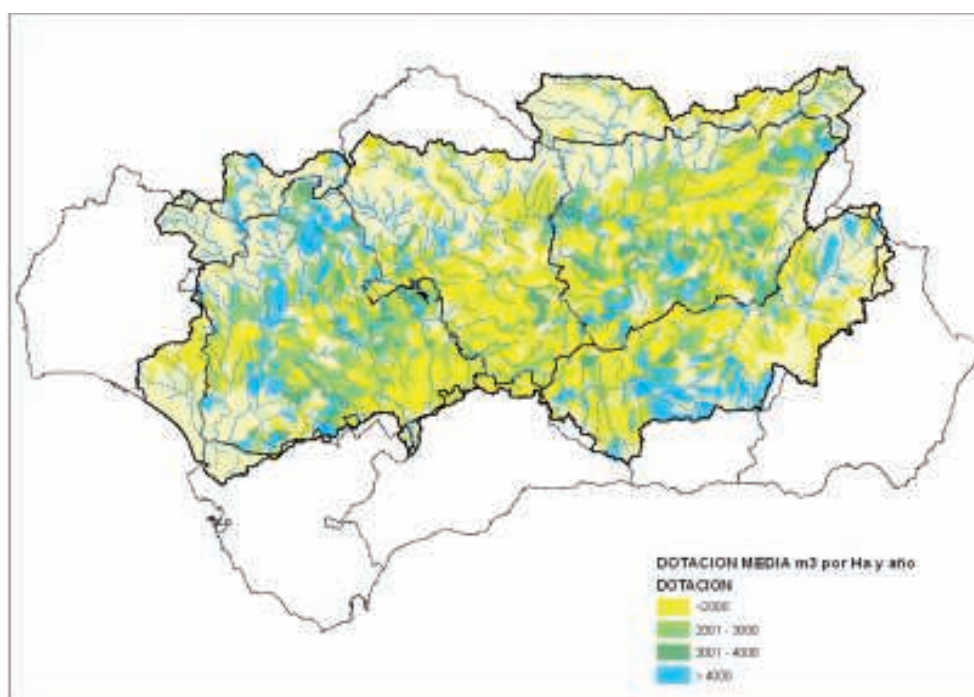


Figura 6. Distribución espacial de las dotaciones de riego medias del olivar

El 77 % del olivar de la cuenca se riega con menos de 3.000 m<sup>3</sup> anuales por ha y año, porcentaje que sube hasta el 90 % si solo consideramos el regado con aguas subterráneas y queda en el 63 % en el que usa recurso de origen superficial.

Como ya se ha dicho anteriormente, la expansión del riego del olivar ha tenido un impacto muy favorable en la renta agraria del medio rural, muy poblado en Andalucía, a diferencia de lo que ocurre en otras Comunidades Autónomas. Sin embargo, esta prosperidad ha tenido un precio: el incremento de la demanda de agua asociada al riego ha provocado la merma e incluso desaparición de manantiales y del flujo base de algunas partes de la red fluvial. Adicionalmente, cuando la expansión se ha producido a costa de antiguos olivares abandonados o de espacios naturales que han sido sustituidos por olivares modernos, se ha perdido biodiversidad y han aumentado los fenómenos erosivos, frecuentemente asociados a prácticas agrarias inadecuadas. Desde el punto de vista de la gestión de la cuenca del Guadalquivir, el sistema (entendiendo como tal al conjunto formado por recursos, demandas, infraestructuras y reglas de gestión) se ha visto sometido a una presión que le ha llevado cerca de los límites de la sostenibilidad.

Por otra parte, el contexto normativo ha sufrido cambios profundos desde el año 2.000, fundamentalmente por la entrada y vigor y transposición de la Directiva 2000/60/UE o Directiva Marco de Aguas de la Unión Europea. Este texto legal, de obligado cumplimiento, ya ha sido transpuesto al ordenamiento jurídico español a través de la modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas, y de la publicación del Real Decreto 907/2007 de la Planificación Hidrológica. Esta nueva legislación, que afecta profundamente a la Planificación Hidrológica, impone la **obligatoriedad** de alcanzar en el año 2015 los objetivos ambientales, entendiendo como tales el buen estado químico en todas las masas de agua, más el buen estado ecológico (aquel en que las comunidades biológicas solo presentan pequeñas desviaciones respecto a las originales) en las masas de agua superficial y el buen estado cuantitativo en las de agua subterránea.

Esta situación ha obligado a tomar una serie de medidas destinadas a controlar la demanda. Una primera toma de postura del Organismo de Cuenca tuvo lugar el 28 de Julio del año 2005, fecha en la que su Junta de Gobierno respaldó un informe de la Oficina de Planificación Hidrológica en el que entre otras medidas, se descartaban ampliaciones no previstas expresamente en todas las masas de agua subterránea cuya tasa de bombeo superase el 40 % de la recarga, y también en todo el Sistema de Regulación General de la Cuenca. Esta decisión es coherente con las ideas y conclusiones al respecto de la situación cuantitativa de la cuenca recogidas en el Acuerdo por el Agua de la Cuenca del Guadalquivir, firmado por las distintas administraciones (estatal, autonómica y local), así como organizaciones sociales y económicas (regantes, empresarios, sindicatos, ecologistas). Con posterioridad, la Junta de Gobierno del 6 de Junio de 2008 ha vuelto a respaldar de modo expreso otro informe de la Oficina de Planificación Hidrológica en el que se ampliaron estas limitaciones a toda la cuenca, al menos hasta la entrada en vigor del próximo Plan de Cuenca, previsto para el 1 de Enero de 2010, que deberá marcar las pautas al respecto. Este nuevo Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir (que trasciende al ámbito de la Cuenca al incluir no solo las aguas continentales, sino también las masas de agua de transición y costeras) debe identificar sus problemas principales y definir medidas que permitan alcanzar los objetivos ambientales.

En cualquier caso, parece abrirse paso un nuevo paradigma en la gestión del agua de la cuenca, que implica que los esfuerzos deben dirigirse a cumplir los objetivos ambientales im-

puestos por la legislación vigente garantizando también el suministro a la población y las actividades económicas en lo que respecta a su dependencia de los recursos hídricos. Eso deja un margen prácticamente nulo para nuevas expansiones de regadío, quedando siempre las meras posibilidades de cambios de cultivos, lo que en aquellos casos en que se optimicen los rendimientos, podrían decantarse a favor del olivar, que alcanza como se ha visto, un buen resultado económico con un uso muy estricto del agua.

## 2.4. Bibliografía citada

- [1] *Análisis de los Regadíos Españoles*. En: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivo (ESYRCE). Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2007).
- [2] L. Testi, F. Orgaz, F. Villalobos, *Environ Exp Bot* 63: 168-177 (2008).
- [3] R. Gucci, M. Tattini, *Hortic Rev* 21, 177-214 (1997)
- [4] R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, "Crop evapotranspiration : guidelines for computing crop water requirements". (FAO, Roma, 1998).
- [5] F. Orgaz, L. Testi, F.J. Villalobos, E. Fereres, *Irrig Sci* 24: 77-84 (2006).
- [6] F. Orgaz, F.J. Villalobos, L. Testi, M. Pastor, J.C. Hidalgo, E. Fereres, in *Cultivo del olivo con riego localizado*. Pastor M. (Ed.), Mundi Prensa - Junta de Andalucía, Madrid-Sevilla, pp. 783.
- [7] F.J. Villalobos, L. Mateos, F. Orgaz, E. Fereres, *Fitotecnia, Bases y Tecnologías de la Producción Agrícola* (Mundi Prensa, Madrid, 2002).
- [8] S. Alegre, J. Girona, J. Marsal, A. Arbonés, M. Mata, D. Montagut, F. Teixidó, M.J. Motilva, M.P. Romero, *Acta Hort.* 474:373-376.
- [9] F. Iniesta, L. Testi, F. Orgaz, F. Villalobos, *Eur. J Agron*, en prensa.
- [10] A. Moriana, F. Orgaz, M. Pastor, E. Fereres, *J Am Soc Hortic Sci* 128: 425-431.
- [10] Esquema Provisional de Temas Importantes de la Cuenca del Guadalquivir. Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. En consulta pública durante 6 meses desde el 31/07/2008 en [www.chguadalquivir.es](http://www.chguadalquivir.es)
- [12] Experiences in Analysis of Pressures and Impacts from Agriculture on Water Resources and Developing a related Programme of Measures. Report of the Pilot River Basin Group on Agriculture. Phase II period September 2005-December 2006". JRC-European Commission. Michel Cherlet Ed. ISBN 978-92-73-06228-5
- [13] Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir. RD 1664/1998. Ministerio de Medio Ambiente.
- [14] Asistencia Técnica para la elaboración, caracterización y desarrollo de un Sistema de Información Geográfica de los regadíos de la Cuenca del Guadalquivir. Empresa Pública ACUAVIR. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. En elaboración.



## CAPÍTULO 3: EROSIÓN Y DEGRADACIÓN DE SUELOS

José A. Gómez <sup>1</sup>, Juan V. Giráldez <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Apartado 4084. 14080. Córdoba. ag2gocaj@uco.es  
<sup>2</sup> Dpto. de Agronomía. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, Edif. da Vinci, Cra. Madrid km 396.  
14071 Córdoba. ag1gicej@uco.es

### 3.1. Introducción

La erosión del suelo, la pérdida parcial o total de horizontes, y la dispersión ambiental de los residuos, es el resultado de un conjunto de procesos de arranque y transporte de materiales que representa uno de los componentes del ciclo geológico. La erosión del ciclo geológico suele ocurrir lentamente y, excepto algunos episodios aislados, normalmente es perceptible tras intervalos de tiempo muy amplios. La erosión antropogénica, debida al hombre, o erosión acelerada por actividades agrícolas, mineras o urbanísticas, ocurre a una velocidad mucho mayor que la geológica. A pesar de su carácter más local, se estima que la erosión total causada por la actividad humana ha superado a la geológica [1].

La Agricultura es una de las causas de la erosión del suelo, aunque, como la Figura 1 muestra, no toda la actividad agrícola implica grandes pérdidas de suelo. Se distingue la Agricultura Convencional, o Tradicional, que no incluye prácticas de protección, de la Agricultura de Conservación, que evita pérdidas de suelo y de agua e incorpora medidas de reducción de los procesos erosivos.

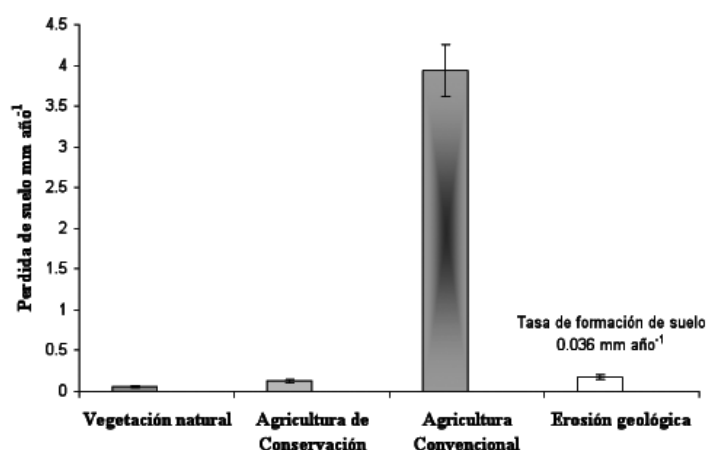


Figura 1: Velocidades medias de pérdida y formación de suelo en el mundo [2]. Las barras de error indican desviación típica.

En la Agricultura Convencional la pérdida de suelo es, en promedio, dos órdenes de magnitud mayor que la intensidad de formación de suelo, mientras que en la Agricultura de Conservación las pérdidas son más próximas a las observadas en bosques y superficies que mantienen la vegetación natural y resultan equiparables a la velocidad de formación del suelo. Estos valores implican que una agricultura que no protege al suelo conducirá en muchas ocasiones a la pérdida del horizonte fértil, en la que habita la población microbiana la trama de vida más diversa y abundante del Universo que conocemos [3] y que soporta la nutrición vegetal, en un periodo de entre 500 y varios miles de años [2].

Aunque hay tres agentes erosivos principales: el agua, el viento y el hombre a través de medios mecánicos, que dan lugar a tres tipos de erosión: hídrica, eólica y mecánica, en lo que sigue restringiremos nuestra atención a la primera, la erosión hídrica, que es la mayor amenaza a las dos clases de agricultura mencionada. La erosión hídrica es un fenómeno que actúa a diferentes escalas [4] porque los procesos, y en última instancia, la magnitud de la pérdida de suelo, depende de la superficie en la que se estudie. En una ladera, los procesos dominantes son el arranque y arrastre del suelo por el impacto de la lluvia y la escorrentía superficial, de forma homogénea o concentrada en regueros y cárcavas. En zonas más extensas, como una pequeña cuenca compuesta por dos laderas y el valle entre ambas, la situación es más compleja. Por un lado la acumulación de sedimento proveniente de las laderas aguas arriba, Figura 2, dificulta el flujo de la escorrentía en las zonas más bajas. Por otro lado la concentración del flujo en los cauces acelera la erosión del mismo. Ambos efectos son contrapuestos lo que supone una mayor complejidad del fenómeno en su conjunto. Por ello la evaluación de la intensidad de la erosión y sus efectos ha de ser referida siempre la escala del análisis [5].



Figura 2: Vista de erosión y depósito de suelo en función de la topografía del terreno. Foto cortesía del USDA Natural Resources Conservation Service.

Los daños producidos por la erosión se clasifican en dos tipos: *in-situ* y *ex-situ*. Los daños *in-situ* ocurren en el lugar en que se pierde el suelo y su principal consecuencia es la reducción de su productividad, que ha de ser compensada con un aumento de los gastos de cultivo bien sea con mayores dosis de fertilizantes, o una mayor frecuencia de riego. Los daños

*ex-situ* son los que ocurren aguas abajo del origen de la erosión. Estos efectos son mucho más perniciosos por la contaminación que produce la dispersión de las partículas del suelo, los sedimentos, con todos los compuestos adsorbidos en ellas. Un efecto inmediato de esta dispersión es la alteración de las vías de comunicación, como carreteras, vías de ferrocarril, y el aterramiento o colmatación de canales y embalses [6]. Los daños *ex-situ* tienen una gran repercusión en personas o entidades que no son directamente responsables de la erosión. En el año 1995 se estimó el coste por hectárea de los daños debidos a la erosión en los EEUU en 196 \$ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, de los cuales 146 \$ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> correspondían a los efectos *in-situ*, y resto a los *ex-situ* [7]. Otros autores [8] han estimado los costes por daños *in-situ* entre 5 y 99 \$ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en Asia, mientras que un trabajo reciente en la cuenca del alto Genil [9] valoró los efectos externos de la erosión entre 57 y 159 \$ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Como puede verse aunque los costes varían según ambientes y autores sistemáticamente representan una cantidad elevada.

Esta sección pretende contribuir al análisis de la sostenibilidad del cultivo del olivar en Andalucía abordando tres aspectos relacionados con la degradación del suelo en los mismos.

1. Revisando los rasgos generales de la erosión y degradación de suelo en los olivares de Andalucía.
2. Estableciendo un diagnóstico de la situación y perspectivas futuras, matizando las limitaciones e incertidumbres del mismo.
3. Explorando algunas medidas de control para abordar los problemas identificados en este diagnóstico a escala de explotación.

## 3.2. Estado de la cuestión

### 3.2.1. Condicionantes geográficos

El olivar en Andalucía es un cultivo tradicionalmente situado en zonas en pendiente y en suelos no siempre de la mejor aptitud agronómica, parece que siguiendo el consejo de Teofrasto: los buenos suelos han de usarse para cereales y leguminosas y los peores para cultivos leñosos [10], aunque en los últimos años el olivar ha ido ocupando suelos de mucha mejor calidad. La superficie de olivar andaluz se distribuye en un intervalo muy amplio de pendientes, entre el 0 y el 61%, con la mayoría situada en pendientes medias de entre el 5 y el 15 % (un 46% de la superficie) seguido del grupo de olivares en pendientes entre el 15 y el 25% (un 24% de la superficie) [11]. Alrededor de estos dos grandes grupos se sitúan otros dos grupos de explotaciones. Las situadas en pendientes menores del 5% (un 18% de la superficie) y las que están en pendientes superiores al 15% (un 12% de la superficie). Con esa distribución topográfica no resulta extraño que la mayoría de los olivares estén situados en suelos con una limitada aptitud agrológica que requieren técnicas de cultivo apropiadas para evitar, o al menos mitigar, la erosión. Aproximadamente el 57% de los olivares se sitúa en



suelos con alguna limitación agrológica importante (clases IV a VIII). Esta distribución es muy variable espacialmente en Andalucía. Así, Jaén y Córdoba, las dos provincias con mayor extensión de olivar, poseen el 44 y el 49 % de sus olivares en suelos de clase I a III, los suelos de mayor aptitud agrológica, mientras que hay provincias en las que ese porcentaje puede ser muy inferior, como Málaga con un 25% [11]. A pesar de una intensificación del cultivo del olivo en los últimos años en las zonas de menor pendiente y mejores suelos, se trata de un cultivo muy condicionado por la topografía. El segundo condicionante importante del cultivo del olivo andaluz es el clima, por la escasez e irregularidad de la lluvia y alta demanda evaporativa típicas de la región mediterránea. En Andalucía la evapotranspiración potencial varía entre 1100 y 1700 mm año<sup>-1</sup>, mientras que la precipitación media es 537 mm año<sup>-1</sup> [12]. Ante estas limitaciones el manejo de los olivares se ha ido adaptando secularmente hacia una optimización del uso del agua de lluvia por el olivo, reduciendo las pérdidas de producción en los periodos secos, tanto estacionales como en las sequías plurianuales bastante frecuentes. Esta adaptación tradicional se ha basado en tres principios fundamentales: reducción de la densidad de plantación con un número de árboles, en secano, normalmente entre 70 y 120 árboles ha<sup>-1</sup>; mantenimiento de un volumen de copa pequeño para adecuar la transpiración del árbol a las disponibilidades de agua; y eliminación de la vegetación adventicia para reducir la competencia por agua y nutrientes con el olivo. La Figura 3 muestra una plantación tradicional en secano manejada de acuerdo a estas pautas.



Figura 3: Olivar de secano labrado en pendiente en la provincia de Córdoba.

La introducción del riego en el olivar, que en la actualidad representa aproximadamente una quinta parte de la superficie dedicada a este árbol en Andalucía, ha aumentado las densidades de plantación y los volúmenes de copa. En estas plantaciones de riego, aunque el control de la vegetación adventicia sigue siendo importante, el riesgo de competencia se ve atenuado por la mayor disponibilidad de agua, aunque en muchos casos se trate de riegos deficitarios y la necesidad de optimizar el uso del agua está siempre presente en su manejo.

Históricamente el manejo del suelo en olivar se ha basado en el laboreo con tracción animal, aunque en algunas zonas, sobre todo de montaña, el olivar se ha utilizado casi como planta de dehesa en donde pastaba el ganado, especialmente ovino. Pese a que los tratados antiguos recomiendan en olivar no menos de cinco labores de arado y dos de azadón en los pies [13], la limitación de la energía y el elevado coste de las labores obligaban a reducir el número medio de labores al año alrededor de dos [14]. Estas labores, además, eran poco agresivas (Figura 4) y permitían que se desarrollase cierta cubierta del suelo por la vegetación adventicia que aparecía entre labor y labor.



Figura 4: Esquema típico de operaciones en un olivar labrado a partir de su mecanización.

Esta situación se mantuvo hasta la extensión del uso del tractor en los olivares de Andalucía desde 1950. A partir de esa época, además de roturar terrenos con pendientes mucho mayores, se extendió un sistema de manejo del suelo basado en un número elevado de labores que permitía mantener el suelo sin vegetación durante todo el año, Figura 3. En esa misma época empieza a manifestarse una seria preocupación por la alarmante pérdida de suelo en las zonas agrícolas españolas (mencionando, entre otros cultivos, a los olivares) indicándose la conveniencia de usar técnicas como las cubiertas vegetales para mitigar la erosión [15, 16]. Estas circunstancias se traducen en la aparición de una ley de Conservación de Suelos en 1955, y la creación de un Servicio de Conservación de Suelos (ya desaparecido) en esa época siguiendo la pauta del servicio homónimo de Estados Unidos con el que se mantuvieron estrechas relaciones en sus comienzos [17].

### 3.2.2. Sistemas de manejo de suelo

Los principales sistemas de manejo del suelo en olivar aparecen resumidos en la Tabla 1.

**Tabla 1: Resumen de sistemas de manejo de suelo en olivar.**

<i>Cobertura de suelo</i>		<i>Sistema de manejo</i>		
Suelo desnudo		- Laboreo Convencional		
		- No Laboreo con suelo desnudo		
		- Laboreo reducido	Semilaboreo	Mínimo Laboreo
	Cubierta inerte	- Restos de poda y hojas - Piedras , paja, materiales diversos		
Suelo cubierto		- Malas hierbas sin manejo específico		
	Cubierta vegetal viva	- Malas hierbas o plantas sembradas (gramíneas o leguminosa) con siega	Siega	Química con herbicida Mecánica Pastoreo

Históricamente los sistemas más extendidos han sido el *laboreo con animales* y la *cubierta vegetal viva manejada con ganado*, que aún persisten en algunas zonas de montaña. A partir de los años 50 se extiende el *laboreo mecanizado*, con un esquema de operaciones que se resume en la Figura 4. A medida que los problemas de erosión empezaban a hacerse evidentes se plantearon manejos de suelo alternativos al laboreo. Se tendió a una reducción del laboreo tanto en el número de labores, como de la superficie labrada dentro de la parcela, combinándolo, en muchas ocasiones, con el uso de herbicidas. Esa tendencia cristalizó en los sistemas de *laboreo reducido* en los que el apero utilizado preferentemente es el vibro-cultivador para evitar el volteo del suelo. Entre estos sistemas está el *semi-laboreo* consistente en labrar únicamente en el centro de las calles, dejando sin labrar la zona bajo la copa que se mantiene libre de vegetación mediante herbicidas. Un paso más allá es el *mínimo laboreo* en el que el control de la vegetación adventicia depende del uso de herbicidas, dándose alguna labor superficial en el centro de la calle para mejorar la infiltración del agua. Se recomienda que todas las labores se den paralelas a las curvas de nivel. La aplicación extrema de la técnica de *mínimo laboreo* resultó en el *no laboreo con suelo desnudo*, NL, en el que no se realiza labor alguna. Otra línea de trabajo consistió en la introducción de *cubiertas* de suelo, Figura 5.



Figura 5: Ejemplos de tipos de cubiertas en olivar. Cubierta vegetal en toda la superficie sembrada o de vegetación adventicia, cubierta parcial en bandas sembrada o de restos de poda picados.

Una alternativa de cubiertas fueron las *cubiertas vegetales vivas*, CV, que tratan de proteger al suelo sin poner en peligro la producción, evitando con la siega temprana el riesgo implícito en este sistema de competencia con el olivo por el agua y nutrientes almacenados en el suelo. El tipo de cubierta viva varía desde la vegetación adventicia existente en la finca, a la siembra de diferentes especies: avena, cebada, vallico, veza, etc. En las cubiertas generadas por siembra se procura limitar esto al establecimiento, tratando de mantenerla de un año para otro (bien la cubierta sembrada, o de la flora a la que esta derive) mediante el control del momento y de la técnica de siega, regulando la altura de desbrozado o el tipo y dosis de herbicida, o dejando una franja central de cubierta sin segar para autosemillado. Una buena revisión de este tema aparece en [18, 19]. Se ha propuesto como fecha de siega orientativa mediados de Marzo a partir de ensayos agronómicos realizados, sobre todo, en el curso medio-alto del Valle del Guadalquivir [18, 19]. No obstante, la fecha a partir de la cual la competencia con el árbol es apreciable puede variar significativamente en función de las ca-

racterísticas de la plantación y las condiciones meteorológicas como precipitación y evaporación durante la campaña [18, 20]. También se puede moderar el consumo de agua de la cubierta vegetal reduciendo su anchura con respecto a la de la calle, Figura 5. En el caso de bandas anchas de cubiertas es aconsejable sembrarlas paralelas a las curvas de nivel. Otra alternativa son las *cubiertas inertes* compuestas por los restos de poda picados y esparcidos en la calle, Figura 5. Estas cubiertas pueden estar combinadas con las *cubiertas vivas*: En ocasiones se pueden añadir los restos de poda comportados previamente. En la actualidad, el olivar andaluz evoluciona hacia un laboreo reducido con inclusión de cubiertas vegetales, aunque existe una gran variación dentro de la región. Parece ser que en las zonas con mayor desarrollo de los sistemas certificados (olivar ecológico o integrado), que son las provincias de Sevilla y Córdoba, el uso de cubiertas y un menor uso del laboreo o herbicidas para mantener el suelo desnudo durante todo el año está mucho más extendido. No obstante, no hemos encontrado publicado ninguna descripción ni evaluación detallada de estas diferencias comarcales.

### 3.2.3. Información existente sobre la erosión del suelo en olivar

La mayor parte de la información disponible sobre la erosión en olivar proviene de parcelas cerradas en las que se mide la escorrentía y erosión: Estas parcelas tienen una longitud que varía entre 12 y 70 m, por lo que ofrecen alguna información de lo que ocurre a escala de ladera. De la mayor parte de estos ensayos, resumidos en la Figura 6, se extraen dos conclusiones fundamentales: la gran influencia que ejerce el sistema de manejo del suelo y lo elevado de las pérdidas en suelo desnudo.

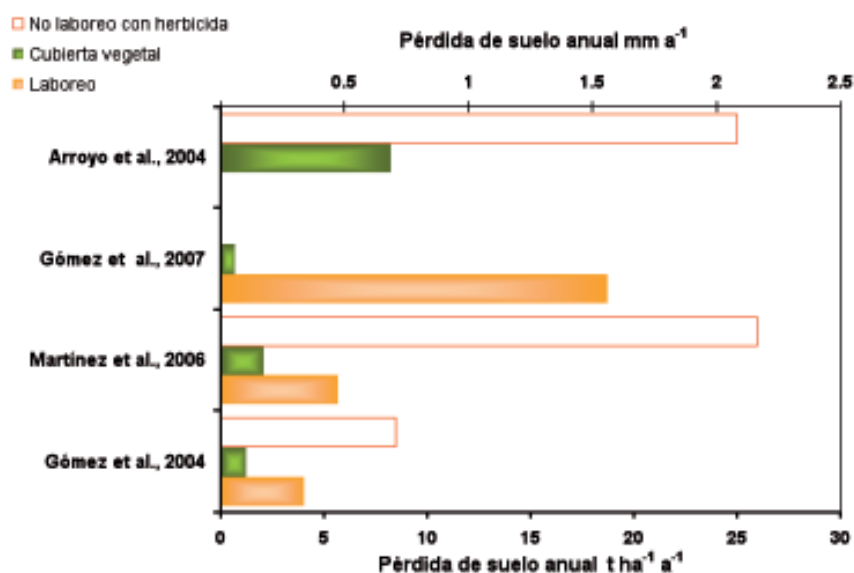


Figura 6: Resumen de pérdida de suelo anual promedio en ensayos de parcelas de escorrentía en olivar. Fuentes [21, 22, 23, 24].

Las mayores pérdidas de suelo corresponden a las parcelas con suelo desnudo mediante aplicación de herbicida en toda la superficie, seguidas por las de las parcelas labradas, y las menores, con gran diferencia con respecto a las otras, a las parcelas con cubierta vegetal. Estas pérdidas de suelo conllevan un empobrecimiento progresivo del suelo por la pérdida de nutrientes, como se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2: Pérdidas de nutrientes anuales en escorrentía y sedimento en función del sistema de manejo de suelo.**

Lab significa manejo con suelo desnudo mediante laboreo, CV cubierta vegetal y NL suelo desnudo con herbicidas en no laboreo. N.D. indica información no disponible. § indica que los valores en esa columna se refieren a la primera de las dos variables en el caso de ensayo en el Aljarafe y a la segunda variable en el caso del ensayo en las Alpujarras.

<i>Zona/Fuente Pérdidas de nutrientes en escorrentía kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup></i>													
	NO <sub>3</sub>			NO <sub>2</sub> ó NH <sub>4</sub> §			P			K			
	Lab	CV	NL	Lab	CV	NL	Lab	CV	NL	Lab	CV	NL	
<b>Aljarafe [23]</b>	3.28	1.75	N.D.	0.06	0.01	N.D.	0.19	0.33	N.D.	2.44	1.70	N.D.	
<b>Alpujarras [24]</b>	1.80	5.00	2.98	0.49	0.39	1.23	0.14	0.14	0.17	0.49	0.47	0.78	
<i>Pérdidas de nutrientes en sedimento kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup></i>													
	N <sub>orgánico</sub> ó NO <sub>3</sub> §			M.O. ó NH <sub>4</sub> §			P			K			
	Lab	CV	NL	Lab	CV	NL	Lab	CV	NL	Lab	CV	NL	
<b>Aljarafe [23]</b>	20.3	0.65	N.D.	234	6.31	N.D.	0.32	0.02	N.D.	2.37	0.10	N.D.	
<b>Alpujarras [24]</b>	0.02	0.98	1.45	0.1	0.2	1.51	0.02	0.06	0.24	0.24	0.50	1.67	

Los nutrientes se pierden por disolución en el agua de escorrentía, por adsorción en los sedimentos arrastrados o en suspensión. Estas pérdidas, que empobrecen la calidad de las aguas superficiales a la que viertan, inducen una disminución paulatina y progresiva de la fertilidad del olivar.

No es fácil cuantificar de manera general la degradación del suelo en olivar como consecuencia de la erosión. La Figura 7A resume los resultados de un ensayo en parcelas experimentales al cabo de seis años. En ella puede apreciarse cómo las parcelas que tuvieron mayor erosión presentaron los peores valores de alguna de propiedades utilizadas como indicadores de la degradación de los suelos, materia orgánica y estabilidad de agregados. La Figura 7A sugiere que estas diferencias empiezan a ser apreciables en ensayos controlados al cabo de pocos años. La Figura 7B muestra una comparación del efecto sobre las mismas propiedades en fincas comerciales, no en experimentos controlados. En ella resulta aparente una tendencia similar, con propiedades de suelo en las fincas manejadas con sistemas que ocasionaron un mayor riesgo de erosión, en este caso calculada, no medida, como la de la Figura 7A. La Figura 7B puede ilustrar varios aspectos. El primero es que diferentes tipos de

suelo, en este caso suelos poco desarrollados de Sierra frente a suelos más desarrollados en Campiña, reaccionan de forma diferente ante el deterioro de alguna de sus propiedades como la estabilidad de agregados. Un segundo aspecto es que, al menos en la situación estudiada en la Figura 7B, las propiedades de suelo consideradas parecen alcanzar un valor aproximadamente estable a partir de cierta intensidad de erosión. Esto sugiere que el suelo de los olivares estudiados tiene una gran capacidad de recuperación manteniendo unas características relativamente buenas a medida que va perdiendo profundidad. Lamentablemente muchos de los trabajos disponibles en Andalucía sobre degradación de suelo y erosión en olivar corresponden a sistemas de manejo poco intensivos como el mostrado, por lo que es no es posible determinar si los olivares manejados de manera más intensiva y sometidos a pérdidas de suelo similares a las mostradas en la Figura 7B presentan una recuperación similar. Otros trabajos consultados [28, 29] sugieren que esa puede ser una característica general y que, salvo situaciones de erosión extrema, se está minando progresivamente el suelo en el que se cultiva el olivar.

La mayor parte de la información experimental disponible corresponde a estudios a escala de ladera, mientras que la disponible a escala de finca o de de pequeñas cuencas hidrológicas en olivar es mucho menor. La Tabla 3 resume resultados experimentales preliminares obtenidos en algunas cuencas experimentales que incluyen olivar en Andalucía.

**Tabla 3: Tabla resumen de ensayos de medida de pérdida de sedimento a escala de pequeña cuenca agrícola en olivar. CES quiere decir coeficiente de entrega de sedimento.**

Cuenca [fuente]	Extensión ha	Pendiente media %	Perdida suelo t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	CES <sub>experimental</sub> %
Puente Genil [31 y Taguas com. Personal]	6.1	15	0.65	N.D.
<b>La Conchuela [30]</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>4.3</b>	<b>18.8</b>

Aunque estos resultados deben extrapolarse con mucha cautela debido a lo limitado de los mismos, es evidente que las pérdidas medias de suelo a escala de cuenca hidrológica son mucho menores que las estudiadas a escala de ladera. Esto es una situación frecuente debido a la sedimentación parcial indicada antes. Para caracterizar este depósito parcial se introdujo el índice de coeficiente de entrega de sedimento, que es la fracción de la pérdida de suelo que llega al cauce donde se afora. El coeficiente de entrega del sedimento suele disminuir al aumentar la superficie de la cuenca considerada. Para conocer con más detalle la magnitud de la pérdida de suelo a escala de cuenca y el destino del suelo perdido en las zonas de mayor pendiente es necesario recurrir al uso de modelos de simulación. La Tabla 4 muestra los resultados de trabajos con modelos de simulación de la erosión hídrica en dos cuencas similares, en un caso la misma, a las de la Tabla 3.

**Tabla 4:** Tabla resumen reestudios de modelización de la erosión hídrica a escala de pequeña cuenca agrícola en olivar. CES es el coeficiente de entrega de sedimento.

Cuenca [fuente]	Extensión ha	Pendiente media %	Perdida suelo t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	CES <sub>experimental</sub> %
Herrera [31]	3.9	15	1.7-0.8	
La Conchuela [30]	8	9	9-2	15-4

Estos modelos también predicen pérdidas de suelo y coeficientes de entrega de sedimento significativamente menores que los de las zonas en pendiente. La Figura 8 ilustra uno de esos trabajos [30, 32].

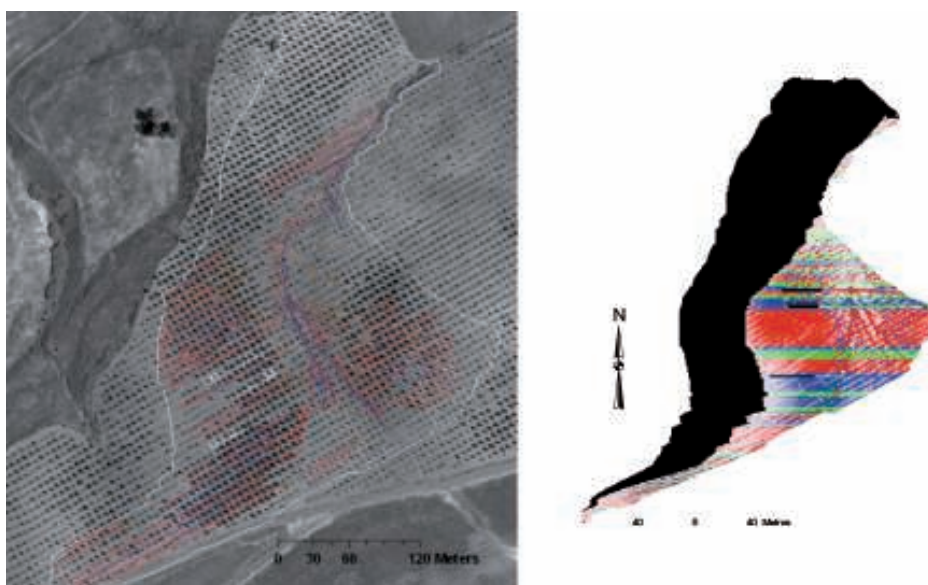


Figura 8: Zonas de erosión (rojo, mayor cuanto más intenso) y depósito (azul) en la cuenca experimental de La Conchuela (Figura izquierda). A la derecha vista aérea de la misma cuenca con la delimitación de los regueros (rojo) y cárcavas (azul). Fuente [32].

En la Figura 8 puede apreciarse cómo la intensidad de la erosión en la cuenca experimental es más intensa, con color rojo, en las laderas pero disminuye a medida que las pendientes se atenúan al aproximarse a la vaguada que desagua la cuenca, con color rosa. En estas zonas de vaguada se deposita una parte importante de los sedimento, zonas azules, mientras que en la zona de concentración de la escorrentía hay erosión en los regueros y cárcavas formados, Figura 9.





Figura 9: Zona de concentración de escorrentía en la vaguada de la cuenca de la Figura 8.

Otros estudios de la erosión hídrica en olivar a escala de cuenca en Andalucía [34] han obtenido coeficientes de entrega de sedimento que oscilan entre el 0.4 y 0.7 con pérdidas de suelo neta entre 4 y 6.3 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Los efectos de este suelo perdido en las zonas aguas abajo de los olivares son tratados en más detalle en otra sección de este mismo libro, aunque aquí podemos mencionarlos: problemas evidentes de aterramiento de embalses y cauces fluviales, Figura 10, y de contaminación por sustancias agroquímicos en los embalses. Figura 10: Ejemplos de cauces fluviales en zonas de olivar con elevada carga de sedimento debido a la erosión aguas arriba.





#### 3.2.4. Evaluación a escala regional del riesgo de erosión en olivar.

La erosión en olivar está condicionada por unos factores geográficos, suelo, clima, topografía, y de manejo. La información experimental disponible y las observaciones de campo sugieren que los problemas erosivos son importantes aunque resulta difícil extrapolarlos y dar una visión de conjunto, lo que es un problema de carácter universal [35]. Por ello en esta sección se tratará de evaluar el riesgo de erosión hídrica en olivar a escala de comarca agrícola, utilizando para ello el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) [36], que predice la pérdida de suelo a escala de ladera, con un método adaptado para olivar [37]. La unidad geográfica utilizada, la comarca agraria, viene impuesta por las necesidades de espacio y concreción en un trabajo de este tipo. Se ha seleccionado el modelo RUSLE porque hay muy poca información experimental por encima de la escala de ladera para usar modelos distribuidos; y porque este modelo se ha calibrado bastante para su uso en olivar [37] prediciendo pérdidas de suelo en el orden de magnitud de las observadas [26]. El modelo RUSLE calcula la pérdida media anual de suelo,  $A$ , en una ladera con la ecuación 1:

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

en la que  $R$  es la erosividad de la lluvia;  $K$  la erodibilidad del suelo;  $L$ , el factor topográfico que considera la longitud de la pendiente y  $S$ , su inclinación;  $C$ , el factor de prácticas de manejo o cubierta; y  $P$ , el factor que incluye el efecto de prácticas de conservación de suelo, que en caso de no ser aplicada toma el valor 1. La pérdida media de suelo  $A$  se mide en  $t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , la erosividad en  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , la erodibilidad en  $t \text{ ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , y los

restantes factores no tienen dimensión. Se trata de un modelo multiplicativo en el que a mayor valor de cada uno de sus factores mayor erosión, y se anula cuando uno de sus factores lo hace, a modo de ley del mínimo de Liebig.

Con ese modelo conviene recordar que en esta evaluación lo que se ha caracterizado es el riesgo de erosión en ladera en base a las características medias de los olivares situados en cada comarca agraria a partir de fuentes bibliográficas existentes, Tabla 5.

**Tabla 5: Tabla resumen de la metodología y fuentes para la determinación de los factores de RUSLE para el riesgo de erosión de olivar.**

Variable	Fuente	Metodología
Erosividad de la lluvia, R	[38]	Creación de mapa de erosividad para Andalucía mediante la interpolación usando el inverso del cuadrado de la distancia de las estaciones recogidas en [38]. Cálculo de R promedio para cada comarca.
Erodibilidad del suelo, K	[36, 39, 40]	Calculado como la media ponderada de los principales suelos de cada comarca en función de su extensión a partir del mapa de suelos de Andalucía [39]. Para cada tipo de suelo K fue calculada a partir de sus propiedades de textura, materia orgánica, infiltración y textura siguiendo [36]. Estas propiedades de suelo fueron obtenidas de los perfiles recogidos en la base de datos de suelos españoles [40]
Inclinación de la pendiente, S	[36, 41]	Se calculó como la media ponderada de acuerdo a la extensión, de las clases de pendiente recogidas en [41]
Longitud de la pendiente, L	[26,27, 36,42]	Se calculó a partir de la ecuación $L=712.78 S^{-0.6829}$ , con S siendo la inclinación de la pendiente en % y L la longitud de pendiente en m. Esta fue obtenida a partir de los datos experimentales recogidos en [26, 27 y 42]. El factor L se calculó a partir de 36, limitando el valor de longitud máxima de la pendiente 240 m de acuerdo a las recomendaciones de [36] y las observaciones de campo en [26, 27 y 42].
Factor de manejo, C	[37]	Calculado siguiendo la metodología propuesta en [37] considerando cinco escenarios. En todos ellos se consideró el efecto de la pedregosidad sobre C a partir de los valores medios obtenidos siguiendo la misma metodología que para K, y la cobertura de suelo por la copa del olivo se estimó en un 35%.  $C_1$ : Olivar labrado con suelo desnudo con laboreo periódico (4 veces al año).

Variable	Fuente	Metodología
Factor de manejo, C (cont.)	[37]	<p>C<sub>2</sub>: Olivares por encima del 15% de pendiente manejados con una cubierta vegetal bien implantada en un 25 % de su superficie. Esta cubierta crece en otoño y se siega a la salida de invierno. Por debajo del 15% de pendiente se labran en paralelo a las curvas de nivel.</p> <p>C<sub>3</sub>: Olivares por debajo del 10% de pendiente manejados mediante laboreo paralelo a las curvas de nivel. Olivares entre el 10 y el 30% de pendiente manejados como en C<sub>2</sub> pero la cubierta cubre el 33% de la superficie y está colocada paralela a las curvas de nivel. Olivares por encima del 30% de pendiente manejados con cubiertas como en C<sub>2</sub> pero cubriendo el 50% de la superficie.</p> <p>C<sub>4</sub>: Olivares por debajo del 10% de pendiente manejados mediante laboreo paralelo a las curvas de nivel. Olivares entre el 10 y el 30% de pendiente manejados como en C<sub>2</sub> pero la cubierta cubre el 33% de la superficie, y está colocada paralela a las curvas de nivel, y todo el tráfico se hace de manera paralela a las curvas de nivel. Olivares entre 30 y 50% de pendiente manejados con cubiertas como en C<sub>2</sub> pero éstas, además de ser paralelas a las curvas de nivel, cubren el 50% de la superficie. Olivares por encima del 50% de pendiente con cubiertas como en C<sub>2</sub> pero cubriendo el 90% de su superficie y segadas a partir de mediados de primavera.</p> <p>C<sub>5</sub>: Olivares por debajo del 5% de pendiente manejados mediante laboreo paralelo a las curvas de nivel. Olivares entre el 5 y el 20% de pendiente manejados como en C<sub>2</sub> pero la cubierta cubre el 33% de la superficie, y está colocada paralela a las curvas de nivel, y todo el tráfico se hace de manera paralela a las curvas de nivel. Olivares entre 20 y 30% de pendiente manejados con cubiertas como en C<sub>2</sub> pero éstas además de ser paralelas a las curvas de nivel cubren el 50% de la superficie, con el todo el tráfico también paralelo a las curvas de nivel. Olivares por encima del 30% de pendiente con cubiertas como en C<sub>2</sub> pero cubriendo el 90% de su superficie.</p>
Superficie comarca de olivar	[41]	A partir de la información recogida en [41].

Sus predicciones indican, de forma aproximada la pérdida media de suelo producida en cada comarca, pero no la cantidad de sedimento que llega a los cauces. Para ello sería necesario conocer la trayectoria de las partículas individuales, o, en su defecto, el coeficiente de en-

trega de sedimento que aun no se conoce. La Tabla 6 resumen los valores medios de erosividad de la lluvia, erodibilidad del suelo, inclinación de pendiente, y longitud de pendiente media para cada comarca agraria, así como los valores medios de los factores de la ecuación (1) para los distintos escenarios propuestos en la Tabla 5.

**Tabla 6: Tabla resumen de los valores de los parámetros de RUSLE obtenido para cada comarca.**

R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ) es la erosividad de la lluvia; K ( $\text{t ha h ha}^{-1} \text{MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$ ) es la erodibilidad del suelo, Ped (%) es la cobertura por piedras; S (%) la inclinación de la pendiente media (%) y L (m) la longitud de la pendiente media en ladera considerada. S.Ol. (ha) es la superficie de olivar en cada comarca. Los escenarios para los factores de manejo  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_5$  (adimensionales) aparecen descritos en la Tabla 5.

Comarca	R	K	Ped	S	L	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
ALTO ALMANZORA	1101	0.036	35	9.2	158	0.11	0.07	0.06	0.05	0.04
ALTO ANDARAX	888	0.044	37	10	94	0.11	0.08	0.06	0.05	0.03
BAJO ALMANZORA	1397	0.051	26	9.2	158	0.15	0.10	0.08	0.07	0.06
CAMPO DALIAS	788	0.052	26	20	94	0.15	0.10	0.08	0.07	0.05
CAMPO DE TABERNAS	1041	0.040	36	8.9	161	0.1	0.07	0.06	0.05	0.04
CAMPO NIJAR Y BAJO ANDARAX	800	0.047	9	8.9	161	0.23	0.15	0.12	0.11	0.09
LOS VELEZ	1041	0.042	27	8.8	164	0.15	0.10	0.08	0.07	0.06
RIO NACIMIENTO	725	0.039	43	11.1	140	0.1	0.07	0.05	0.05	0.04
CAMPIÑA	1967	0.045	31	16.8	105	0.13	0.09	0.07	0.06	0.04
CAMPO DE GIBRALTAR	2263	0.044	27	16.1	108	0.15	0.10	0.07	0.07	0.05
COSTA NOROESTE	1620	0.054	9	17.2	104	0.18	0.14	0.09	0.08	0.07
COSTA NOROESTE	1620	0.054	30	17.2	104	0.18	0.10	0.09	0.08	0.05
LA JANDA	1993	0.042	32	17.8	101	0.13	0.09	0.06	0.06	0.04
MANCOMUNIDAD MUN. DE LA SIERRA DE CADIZ	2865	0.043	42	23.7	83	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03
CAMPIÑA ALTA	1249	0.037	20	11.9	132	0.23	0.14	0.10	0.09	0.07
CAMPIÑA BAJA	1235	0.045	3	11.3	138	0.26	0.17	0.13	0.12	0.09
LA SIERRA	1689	0.054	37	20.8	91	0.11	0.08	0.05	0.05	0.03
LAS COLONIAS	1287	0.027	10	6.0	212	0.23	0.15	0.13	0.11	0.09
PEDROCHES	1389	0.038	17	20.4	92	0.23	0.13	0.09	0.08	0.05
PENIBETICA	1420	0.040	23	18.9	97	0.15	0.11	0.07	0.07	0.04
ALHAMA	1514	0.060	24	15.3	112	0.15	0.10	0.08	0.07	0.05
BAZA	843	0.056	28	10.2	148	0.13	0.09	0.07	0.06	0.05
DE LA VEGA	1158	0.070	27	16.6	106	0.15	0.10	0.08	0.07	0.05
GUADIX	877	0.051	49	12.9	126	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03
HUESCAR	1046	0.066	27	6.0	212	0.15	0.10	0.09	0.07	0.06
IZNALLOZ	1043	0.068	25	28	74	0.15	0.11	0.07	0.06	0.04
LA COSTA	1382	0.041	44	26.8	76	0.09	0.06	0.04	0.04	0.02
LAS ALPUJARRAS	1320	0.036	52	26.3	77	0.08	0.05	0.03	0.03	0.02

## Sostenibilidad de la Producción de Olivar en Andalucía

Comarca	R	K	Ped	S	L	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
MONTEFRIO	1207	0.068	21	19.0	97	0.23	0.13	0.09	0.08	0.06
VALLE DE LECRIN	1070	0.067	38	26.8	76	0.1	0.07	0.04	0.04	0.02
ANDEVALO OCCIDENTAL	1822	0.050	21	6.9	192	0.23	0.15	0.12	0.10	0.08
ANDEVALO ORIENTAL	1852	0.048	27	7.2	188	0.15	0.10	0.08	0.07	0.06
CONDADO CAMPIÑA	1553	0.042	27	6.2	207	0.15	0.10	0.09	0.07	0.06
CONDADO LITORAL	1454	0.036	4	5.6	222	0.26	0.17	0.15	0.12	0.10
COSTA	1612	0.034	9	6.4	204	0.23	0.15	0.13	0.11	0.09
SIERRA	2051	0.045	32	19.7	94	0.13	0.09	0.06	0.06	0.04
CAMPIÑA DEL NORTE	933	0.034	4	11.8	133	0.26	0.17	0.13	0.12	0.09
CAMPIÑA DEL SUR	959	0.034	32	16.3	107	0.13	0.09	0.07	0.06	0.04
EL CONDADO	940	0.042	36	12.1	132	0.11	0.07	0.06	0.05	0.04
LA LOMA	1003	0.041	4	14.5	116	0.26	0.17	0.13	0.12	0.09
MAGINA	960	0.037	21	16.9	105	0.23	0.14	0.09	0.08	0.06
SIERRA DE CAZORLA	1222	0.043	10	14.9	114	0.23	0.15	0.12	0.10	0.08
SIERRA DE SEGURA	1119	0.037	20	17.8	101	0.23	0.13	0.10	0.08	0.06
SIERRA MORENA	1185	0.043	48	9.7	153	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03
SIERRA SUR	1292	0.033	24	21.7	88	0.15	0.11	0.07	0.07	0.05
CENTRO-SUR O GUADALORCE	1636	0.061	26	25.9	112	0.15	0.11	0.07	0.06	0.04
NORTE O ANTEQUERA	1119	0.034	24	13.7	148	0.15	0.10	0.08	0.07	0.05
SERRANIA DE RONDA	2279	0.055	36	20.9	106	0.11	0.08	0.05	0.05	0.03
VELEZ-MALAGA	1890	0.060	39	30.3	126	0.1	0.07	0.04	0.04	0.02
DE ESTEPA	1220	0.030	12	7.1	189	0.23	0.15	0.13	0.11	0.09
EL ALJARAFE	1576	0.026	7	5.4	228	0.26	0.17	0.15	0.12	0.10
LA CAMPIÑA	1373	0.027	8	6.7	197	0.23	0.15	0.13	0.11	0.09
LA SIERRA NORTE	2010	0.044	29	15.8	110	0.13	0.09	0.07	0.06	0.04
LA SIERRA SUR	1513	0.034	34	13.1	124	0.11	0.07	0.06	0.05	0.04
LA VEGA	1615	0.035	10	8.9	177	0.23	0.15	0.12	0.11	0.08
<b>LAS MARISMAS</b>	<b>1468</b>	<b>0.032</b>	<b>2</b>	<b>5.4</b>	<b>228</b>	<b>0.3</b>	<b>0.20</b>	<b>0.17</b>	<b>0.14</b>	<b>0.12</b>

Este análisis comarcal permite extraer algunas observaciones. El riesgo de erosión en los olivares andaluces depende de las condiciones geográficas del mismo. La Figura 11A resume esas diferencias geográficas que, como puede apreciarse, son muy notables debido al efecto combinado de tres factores: erosividad, erodibilidad y cubierta.

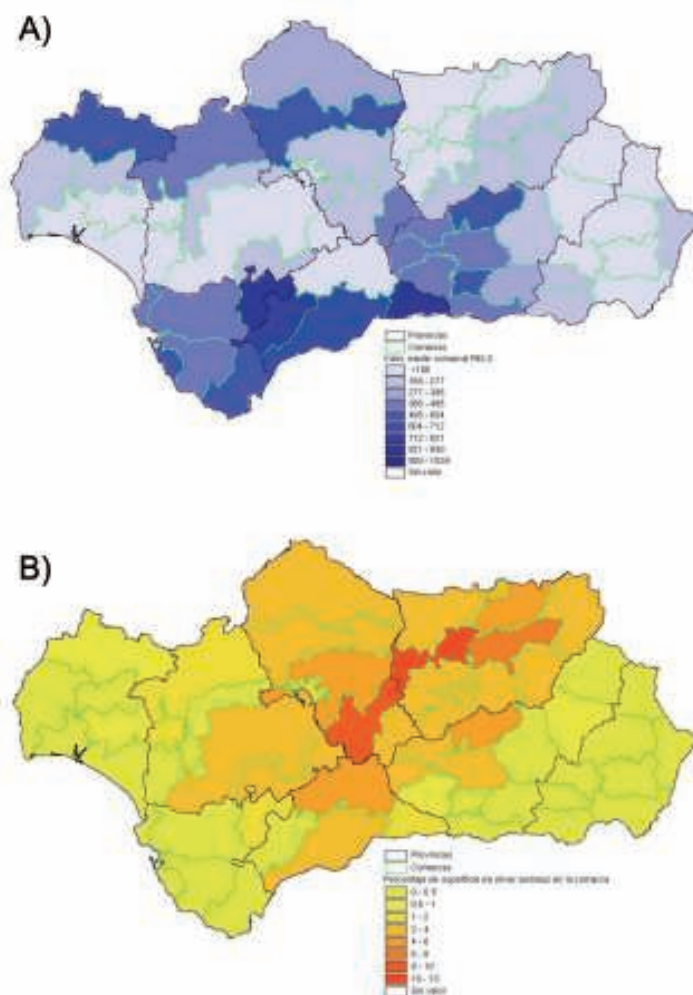


Figura 11: A) Mapa del producto de los factores de erosividad, R, erodibilidad, K, longitud, L, e inclinación de pendiente, S, medio por comarca. B) Mapa de distribución del olivar por comarcas en función del porcentaje de olivar andaluz que concentra cada comarca.

La erosividad media de la lluvia es mayor en las comarcas occidentales andaluzas y en las comarcas costeras de Cádiz, Málaga y Granada, así como en las sierras del interior de Cádiz, y tiende a ser menor en las comarcas orientales de Andalucía. En las zonas medias y altas del valle del Guadalquivir la erosividad tiene valores intermedios. La erodibilidad de los suelos es mayor en las comarcas más montañosas, Sierra Morena, Segura y Cazorla, y Sistema Béticos, y zonas del litoral costero, reflejando diferencias en las características de los suelos. La mayor erodibilidad de los suelos en las zonas de sierras queda compensada en parte por su mayor pedregosidad. En la región no hay presencia significativa de olivares con terrazas o banales por lo que la pendiente media y la longitud de ladera son las correspondientes a la topografía y son mayores en las comarcas de sierra donde los olivares se sitúan en zonas más escarpadas. La Figura 11A muestra cómo las zonas orientales de Almería, y las zonas del in-

terior del valle del Guadalquivir son las que presentan el menor riesgo de erosión debido a los factores geográficos. Las comarcas de Sierra, en las que se combina, además de la pendiente, mayor erodibilidad y erosividad de la lluvia son las que presentan el mayor riesgo de erosión, especialmente en las sierras litorales. La distribución del olivar dentro de Andalucía es muy desigual, Figura 11B, y como puede comprobarse, las zonas olivareras más importantes ocupan zonas con diferente riesgo de erosión, desde muy elevado (valores altos del producto RKLS) a bajos (valores bajos de RKLS). Esto refuerza la importancia de un análisis espacial para estimar intensidad de los problemas de erosión hídrica en olivar en Andalucía, incluso en trabajos relativamente sencillos como el que aquí se presenta.

Los cinco escenarios de manejo de suelo considerados en este análisis están descritos en la Tabla 5. El escenario 1 presenta el suelo desnudo mediante laboreo. El escenario 2 representa la situación actual con el requisito de condicionalidad con cubierta en bandas por encima del 15% de pendiente. Los restantes escenarios hipotéticos, 3, 4 y 5, presentan en orden creciente el uso cubiertas vegetales y el manejo y tránsito paralelo a las curvas de nivel como medidas de control de erosión. La Figura 12 resume los resultados de este análisis. En la interpretación de estos resultados se han seguido las categorías propuestas por FAO [43] en las que se consideran erosión ligera por debajo de  $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , moderada entre  $5\text{-}10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  elevada entre  $10\text{-}15 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y muy elevada por encima de  $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

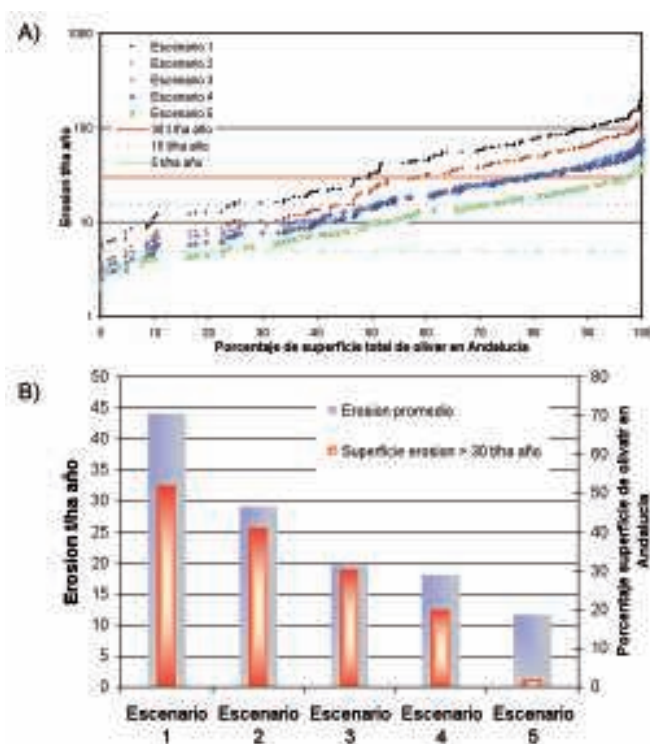


Figura 12: A) Función acumulada de distribución del olivar andaluz en función de la intensidad media de erosión calculada para los cinco escenarios descritos en la Tabla 5. B) Pérdida media de suelo, y porcentaje de superficie con erosión promedio superior a los 30 t/ha año para los cinco escenarios descritos en Tabla 5.



Al aceptar estas categorías se admite implícitamente el concepto de pérdida tolerable de suelo, definida como aquella que, aunque esté por encima de la intensidad de formación de suelo, permite una reducción leve de su profundidad efectiva. Como puede apreciarse en el resumen de la Figura 12 el impacto estimado de las medidas de condicionalidad, escenario 2, sobre la pérdida de suelo ha debido ser notable con respecto al uso extensivo del manejo basado en suelo desnudo, con una reducción muy significativa de la erosión promedio (Fig 12B) y un aumento de la superficie de olivar dentro de las clases de pérdidas de suelo ligeras o moderadas (Fig 12A). No obstante este análisis comarcal indica que sigue existiendo una superficie de olivar muy extensa en las que las pérdidas por erosión hídrica son elevadas o muy elevadas (Figuras 12, 13, 14 y 15).

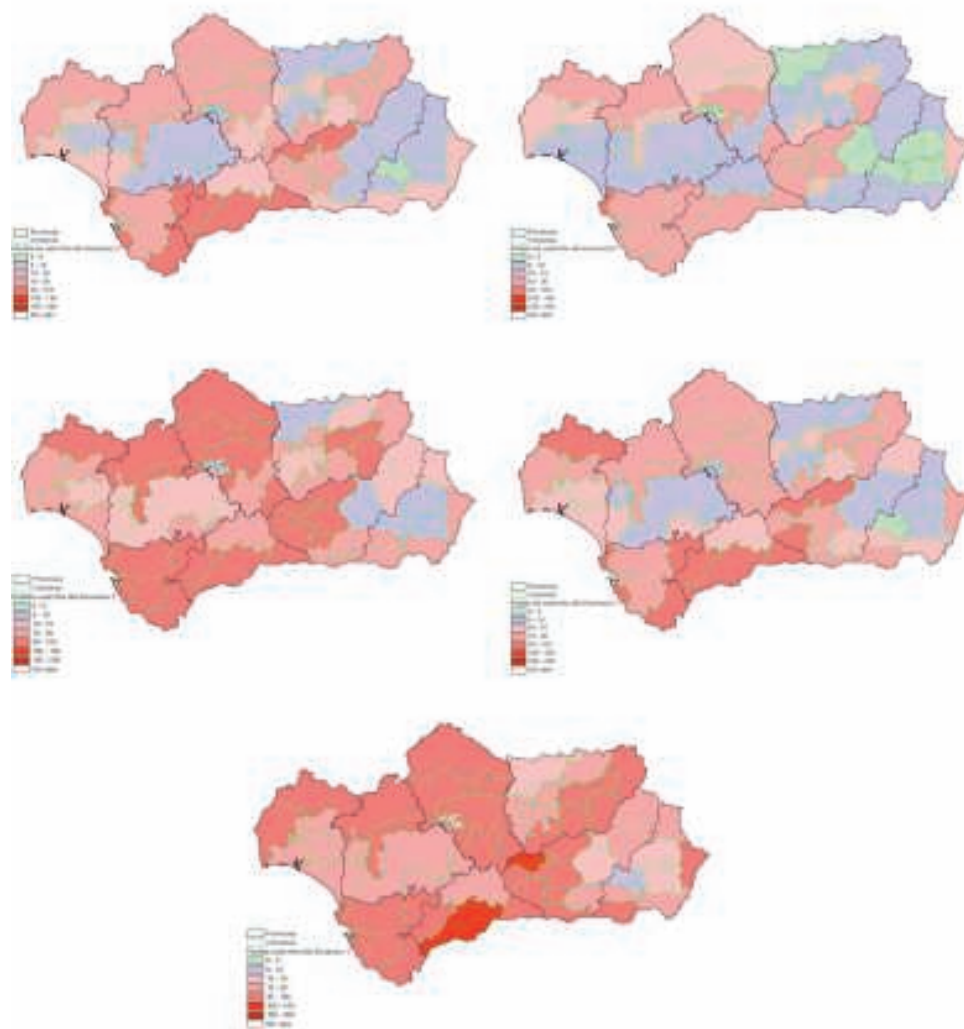


Figura 13: Mapa de erosión comarcal media en los olivares de Andalucía para los cinco escenarios descritos en la Tabla 5.

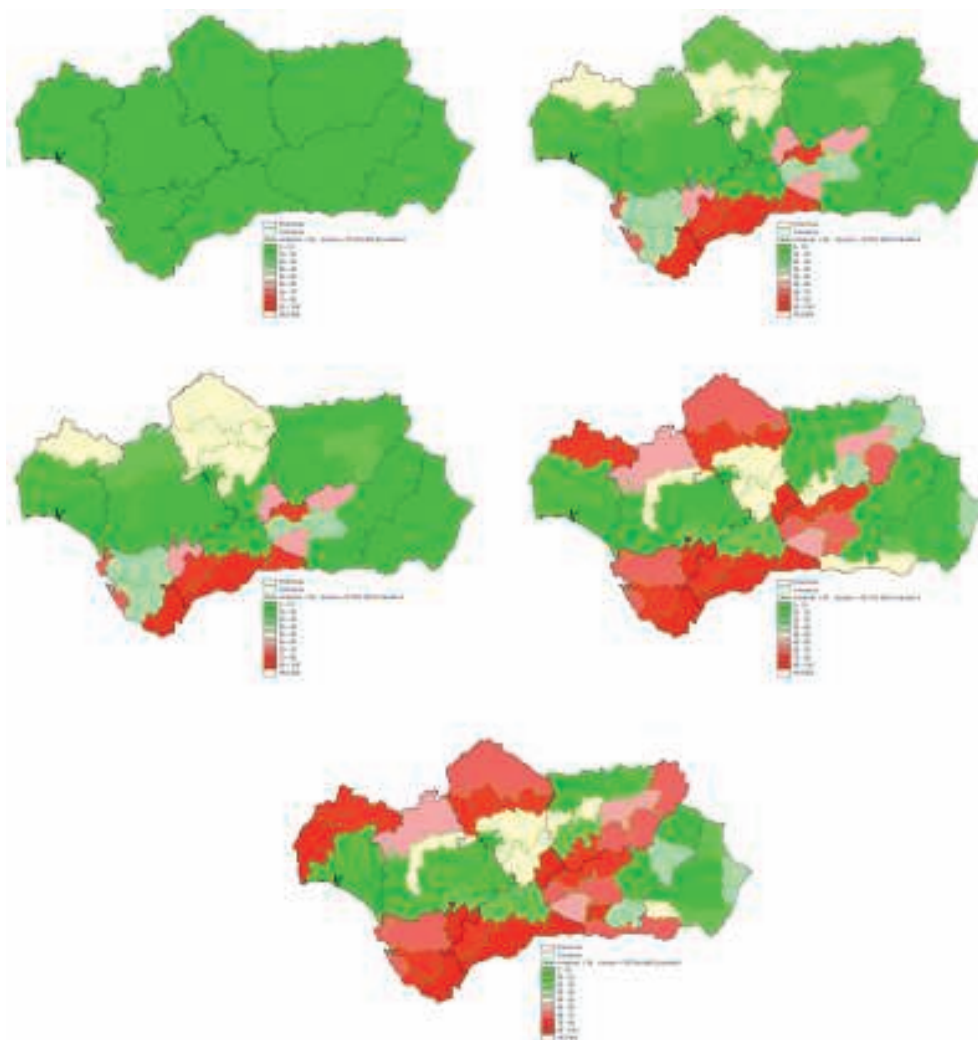


Figura 14: Mapa de porcentaje de erosión en cada comarca con pérdida de suelo anual estimada superior a 30 t/ha año para los cinco escenarios descritos en la Tabla 5.

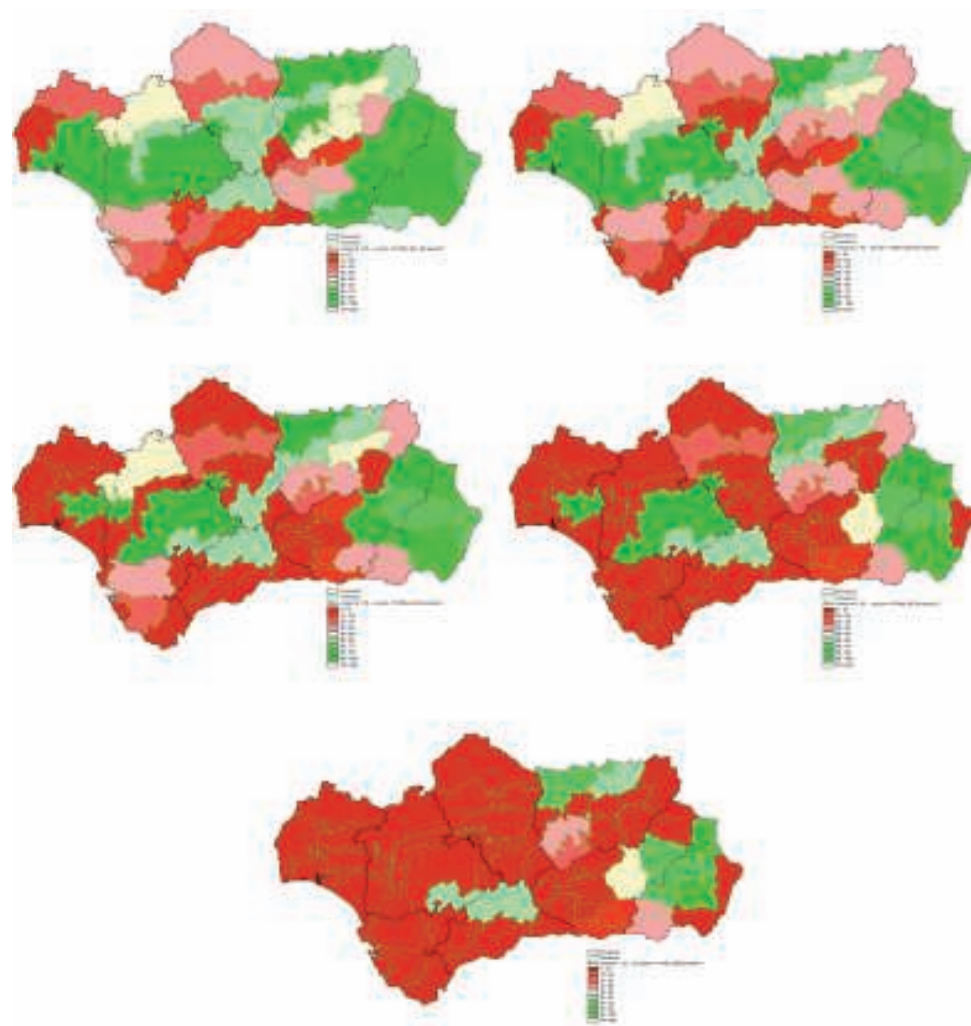


Figura 15: Mapa de porcentaje de erosión en cada comarca con pérdida de suelo anual estimada inferior a 10 t/ha año para los cinco escenarios descritos en la Tabla 5.

La intensificación de las medidas de control de erosión reflejadas, en orden creciente de intensidad, por los escenarios 3, 4 y 5 permiten vislumbrar cual podría ser la evolución en el conjunto de Andalucía ante estas hipotéticas alternativas. El escenario 3 supondría implantar cubiertas por encima del 10% de pendiente, algo ya incluido en los sistemas de producción integrada, aumentando la superficie protegida en función de la inclinación, 50% de cobertura de suelo para pendientes mayores del 30%. Por debajo del 30% se trataría de impulsar el tránsito de manera paralela a las curvas de nivel. Con ese escenario se reduciría de manera significativa la erosión promedio, con una disminución significativa de la superficie con pérdidas de suelo elevadas o muy elevadas, (Figuras 12 y 13), y un aumento de la su-

perficie de olivar dentro de la categoría de pérdidas de suelo leves o moderadas (Figuras 14 y 15). El escenario 4 supone una ligera intensificación con respecto al escenario 3 en el que el mayor cambio es el adhesionamiento, en la práctica, de los olivares en pendientes superiores al 50%. Como puede apreciarse en las Figuras 12, 14 y 15 el resultado final es sólo ligeramente mejor, en términos de reducción de la erosión, que el obtenido para el escenario 3. Para obtener reducciones significativas con respecto a este escenario este análisis sugiere que sería necesario establecer medidas mucho más agresivas como son el uso extensivo de cubiertas por encima del 5% de pendiente, un aumento progresivo de la superficie protegida por cubierta en función de la pendiente, cubriendo ésta prácticamente todo el olivar en pendientes superiores al 30%.

Este análisis está limitado por la escasa información experimental disponible sobre la pérdida y formación de suelo en olivar. Hay que tener en cuenta, también que cada uno de los escenarios anteriores implica un coste creciente en términos de complejidad de operación, necesidades de nueva maquinaria, costes de cultivo, y riesgo de reducción de la producción. Con la información hoy disponible el mejor escenario posible sería el de aspirar que la mayoría de los olivares se situaran dentro de las categorías de pérdida de suelo moderadas o leves, lo que requeriría un esfuerzo técnico considerable en la región. Los escenarios 2 y 3 sugieren que el mantenimiento de las condiciones actuales de condicionalidad, o incluso un ligero endurecimiento de las mismas, permitiría una mejora muy importante de la situación de la erosión en olivar con respecto a la que suponían estudios previos que reflejaban un uso predominante del manejo con suelo desnudo en la región, requiriendo una tecnología, básicamente manejo de cubierta y tránsito paralelo a las curvas de nivel, en la que si bien no está todo resuelto los avances obtenidos permiten suponer que se avanzará rápidamente en los últimos años. Dedicar esfuerzos a resolver los desafíos técnicos que suponen la adaptación a los sistemas de manejo considerados en estos escenarios parece la opción más razonable. Esto permitiría reducir la erosión (Figuras 12, 14, 15 y 16) en un escenario realista de transferencia de tecnología y coste limitado. Simultáneamente se debería avanzar en la validación de los resultados de las medidas de manejo consideradas en los escenarios 2 y 3 sobre las pérdidas de suelo efectivas (en ladera y a escala de cuenca), extensión de tecnologías integradas de control de erosión en las explotaciones, y el desarrollo de tecnologías necesarias para aplicaciones particulares, como el manejo de cubiertas en zonas de gran pendiente. Con esta información se podrá evaluar con suficiente rigor la conveniencia de aumentar las exigencias de control de erosión en los olivares, y establecer un análisis coste-beneficio de las mismas que pueda orientar futuras políticas de protección del suelo en olivar en la región.

### 3.3. Recomendaciones de manejo a escala de explotación

Mucho de los avances en control de la erosión que se estiman han cuantificado en el análisis del epígrafe anterior dependen de una implementación efectiva de las mismas a escala de explotación. La complejidad de las situaciones que se pueden presentar en una explotación aconseja enunciar los conceptos básicos de conservación de suelos, con referencia de casos en donde se muestran aplicaciones específicas para tratar de adaptar las prácticas o métodos de control a las condiciones particulares de cada finca.

Es muy importante tener en cuenta que la unidad natural para el control de erosión es la pequeña cuenca hidrológica en la que cada parcela de la misma puede recibir de aguas arriba y vierte aguas abajo la escorrentía y el sedimento. Esta escala, pequeña cuenca, puede coincidir o no con el olivar de un propietario. Normalmente la cuenca estará o fraccionada en olivares pertenecientes a diferentes dueños, o bien un olivar se dividirá en varias cuencas. En el segundo de los casos será más fácil efectuar el control de erosión ya que las decisiones dependerán de una única persona, mientras que en la primera situación será necesaria una coordinación entre todos los vecinos de cuenca para ser efectivos en abordar los problemas de erosión.

La Figura 16 ilustra diferentes situaciones que se pueden plantear en un mismo olivar a la hora del control de erosión.

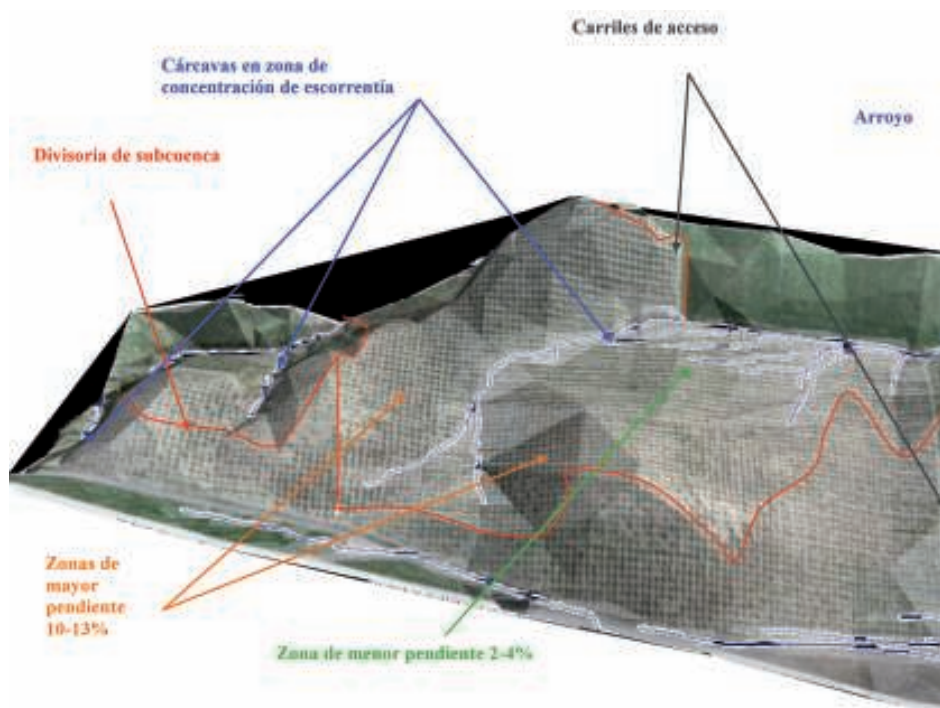


Figura 16: Vista de un olivar dividido en diferentes zonas en función de su posible manejo para control de erosión

En esa finca de unas 11 ha se puede apreciar como existen zonas de concentración de flujo que formando pequeñas cárcavas desaguan varias subcuencas, la mayor a un arroyo, y la otras dos a un barranco. El control de estas zonas de cárcavas, aunque influido por el manejo general de la finca necesitará medidas específicas de control. También puede apreciarse como la finca está rodeada de caminos de acceso que sirven en ocasiones para encauzar la escorrentía y pueden dar origen a nuevas cárcavas, por lo que deben diseñarse y mantenerse

con cunetas que evacuen de manera segura la escorrentía. Fuera de las vaguadas y caminos se distinguen zonas con diferencias grandes en pendiente media. Si la finca fuera de mayor tamaño una opción para facilitar el manejo y reducir costes podría ser introducir medidas de control más intensas en las zonas de mayor pendiente como por ejemplo cubiertas vegetales, mientras que en las zonas menos inclinadas se podrían utilizar prácticas más sencillas como el laboreo paralelo a las curvas de nivel o cubiertas menos densas vivas o de materiales inertes. Estas zonas con diferente pendiente y elevación pueden mostrar a su vez diferencias acusadas en el tipo o fertilidad de los suelos. Por ejemplo, las zonas más en pendiente podrían haber perdido el horizonte superficial más fértil debido a la erosión, lo que reforzaría la necesidad de medidas adaptadas a cada una.

Un sistema de manejo de suelo debe combinar las necesidades del cultivo con la conservación del suelo y del agua de acuerdo con las condiciones de la explotación (económicas, técnicas, de personal y maquinaria) para que se apliquen sin que supongan un coste excesivo o reduzcan de manera intolerable su productividad. En principio se deben comenzar por las medidas más sencillas, y abordarse en diferentes etapas orientadas a mantener los criterios básicos expuestos en la Tabla 7 considerando siempre el olivar como un sistema.

**Tabla 7: Principios básicos de control de erosión. Adaptada de [44]**

1	Primero nivele o haga los movimientos de tierras necesarios.
2	Organice todo el manejo para minimizar la superficie de suelo desnudo.
3	Mantenga la vegetación preexistente en las zonas donde sea posible o necesario.
4	Cubra con vegetación o residuos las zonas más expuestas a la erosión.
5	Trate de desviar la escorrentía de las zonas que deban estar desnudas, como caminos.
6	Minimice la longitud de ladera y su inclinación.
7	Prevenga que la escorrentía superficial alcance velocidades altas.
8	Prepare zonas de desagüe para evacuar con seguridad la escorrentía superficial de las zonas donde se concentre, como en vaguadas.,
9	Trate de retener el suelo lo más cerca posible de donde se esté perdiendo.
10	Inspeccione y mantenga en buen estado las medidas de control de erosión.

Es muy importante recordar que cuando se modifique la red de desagüe de la escorrentía superficial, como cuando se construyen terrazas o se labra paralelo a las curvas de nivel, se puede ocasionar un aumento local del volumen de escorrentía. La literatura recoge ejemplos de aumento de los daños de la erosión debido a la aplicación inadecuada de medidas de conservación [45, 46], de ahí la necesidad de prever las consecuencias de las medidas implementadas y hacer un seguimiento adecuado de las mismas.

Las diferentes estrategias para conservar el suelo y el agua se pueden clasificar en tres categorías, Tabla 8, que se describen en los siguientes epígrafes.

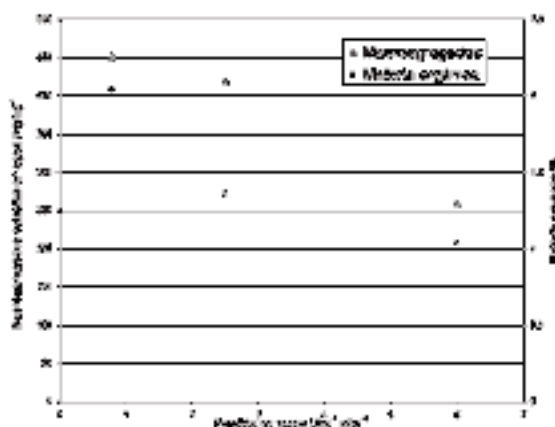
**Tabla 8: Estrategias de conservación de suelo y agua, adaptada de [47]**

Estrategias de conservación de suelo y agua	
Medidas agronómicas	Cubierta vivas o inertes Filtros de vegetación, malhojo vertical
Manipulación del suelo	Laboreo paralelo a las curvas de nivel Alomado, trabado de surcos, pozas o lunetas Laboreo reducido, mínimo o nulo
Métodos mecánicos	Terrazas Desagües revestidos Estructuras y presas de detención

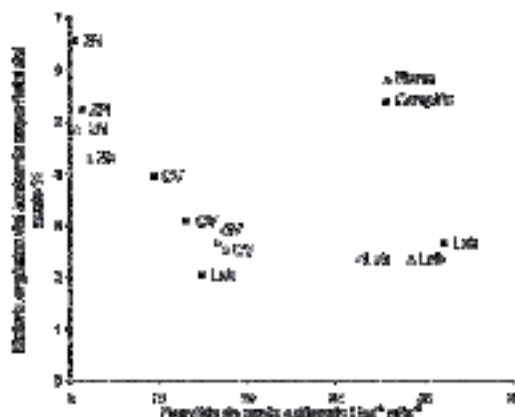
### 3.3.1. Medidas de control agronómico

Como ya se ha comentado antes la implantación de cubiertas, vivas o inertes, que sobre todo reducen la erosión al proteger el suelo y, de manera secundaria, aumentan la infiltración, son una medida muy efectiva en olivar. Se pueden establecer con diferentes configuraciones y ser de diferentes especies, Figura 17.

a)



b)



c)

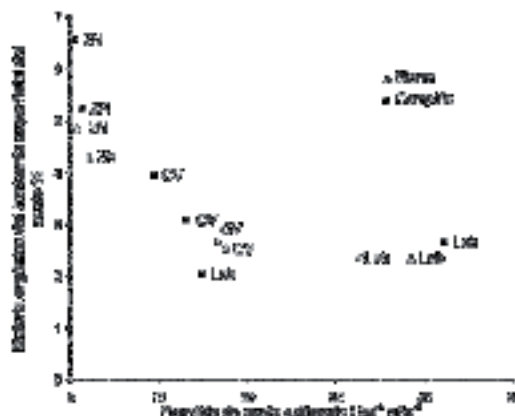


Figura 17: Correlación entre pérdida de suelo e indicadores de degradación de suelo en ensayos experimentales, Fig 9 A, fuente [25], y entre indicadores de degradación de suelo y erosión calculada en fincas comerciales, B) y C), fuente [26,27]. CV indica olivar manejado con cubierta vegetal, Lab olivar manejado con laboreo, y ZN zona de vegetación natural.

Para tener su máxima efectividad lo ideal sería que la cubierta cubriera un mínimo del 50% del olivar, estuviese establecida siguiendo las curvas de nivel y que tuviese una cobertura del suelo por encima del 70% en los periodos erosivos [48]. Aunque estas condiciones sean difíciles de cumplir por motivos prácticos, hay que tratar de acercarse a ellas en la medida de lo posible. Cuando no sea posible obtener coberturas densas con la vegetación natural existente en la finca es recomendable recurrir a la siembra de alguna especie herbácea (gramíneas, leguminosas, o mezcla). Existen recomendaciones acerca de especies y dosis de siembra [18, 19] que pueden orientar en los comienzos. No obstante otros criterios como disponibilidad y coste de semilla, y experiencia del agricultor pueden aconsejar a la hora de escoger qué especie sembrar. Como en olivar es necesario segar la cubierta en primavera lo ideal es dejar el rastrojo en la zona de cubierta para proteger el suelo hasta que crezca de nuevo la campaña siguiente.



En ocasiones las cubiertas se usan sólo en zonas reducidas de la explotación como filtros de vegetación para retener sedimento o contaminantes. Estos filtros pueden situarse en cabecera de las pequeñas cárcavas que puedan abrirse o estén en desarrollo, como recomiendan en el Laboratorio Nacional de Sedimentación del USDA [49], o bien protegiendo ríos, arroyos y cauces de agua efímeros para retener también los contaminantes [50, 51]. Estos filtros tienen su mayor efectividad cuando se disponen perpendiculares a las líneas de máxima pendiente, su anchura no es menor de 4.5 m si son de gramíneas, o 9 m, si son de leguminosas [52], y no reciben sedimento de longitudes de ladera con suelo desnudo superiores a los 120 m. Para que estos filtros sean eficaces se deben disponer de manera que la escorrentía llegue a ellos formando una lámina de agua y nunca de forma concentrada en un reguero. En ocasiones, como bordes de cauces o dentro de cárcavas, los filtros de vegetación podrían ser de especies leñosas formando setos. Estos setos se pueden colocarse de manera similar a las bandas de cubierta antes mencionadas. Para que sean efectivos como filtros deberían tener una anchura mínima de 1.5 m, constar al menos de dos filas de plantas, ser densas no dejando espacios de más de 8 cm entre plantas y, cuando se utilicen a lo largo de una cárcava para estabilizarla, establecerse de manera que no haya un desnivel en vertical de más de 1.8 m entre dos barreras de vegetación consecutivas [53]. La Figura 18 muestra algunos ejemplos de barreras de vegetación.



Figura 18: Ejemplos de filtros y barreras de vegetación para proteger cursos de agua del sedimento y agroquímicos provenientes de los cultivos. Fotos cortesía del USDA National Resources Conservation Service.

Con el acolchado pueden conseguirse resultados similares a los obtenidos con las cubiertas vegetales vivas, Figura 7, sustituyendo o complementando esta técnica. En olivar este acolchado puede obtenerse normalmente de los restos de poda o en fincas muy pedregosas con

las piedras levantadas por las labores. Para aumentar su eficacia se han de observar criterios similares a los recomendados para las cubiertas [54]. Una variante que se propuso inicialmente para mantener abiertos los horizontes poco permeables del suelo, como el fragipan [55] en zonas llanas, es el llamado malhojo vertical (*vertical mulch*) muy apreciado por incrementar la recarga y con ella el almacenamiento de agua en el suelo [56] que ha sido aplicado con éxito como medida de conservación en cultivos en ladera. Mediante un apero sencillo [57] se insertan residuos agrícolas como pacas de paja de forma vertical en la ladera facilitando la retención de agua, que posteriormente se infiltra, y del sedimento con excelentes resultados [58]. Esta medida, que se conoce también como malhojo de rendija o ranura (*slot mulch*), es frecuentemente usada para recuperar árboles en jardines o entornos urbanos con dificultades de respiración en su sistema radical.

### 3.3.2. Medidas basadas en la manipulación del suelo

Por la elevada consolidación del suelo debido al tráfico que normalmente soporta el olivar y las pendientes en las que suele situarse, las técnicas de laboreo reducido o laboreo mínimo en olivar, orientadas a reducir la intensidad del laboreo, son poco efectivas en reducir las pérdidas de agua y suelo si no van acompañadas de medidas agronómicas que aumenten la cobertura del suelo. Una alternativa dentro de esta categoría de medidas es la manipulación del suelo para reducir la velocidad de la escorrentía y aumentar la infiltración. Esto se puede lograr labrando siguiendo curvas de nivel, Figura 19, lo que obliga al agua de escorrentía a seguir un camino con mucha menor pendiente.





Figura 19: Vista de laboreo siguiendo curvas de nivel en un olivar, vista superior cortesía de José R. Guzmán, y en un cultivo anual, vista inferior cortesía del USDA National Resources Conservation Service.

Al modificar el desagüe de la ladera hay que establecer los surcos de manera apropiada. Como esta técnica en muchos casos concentra la escorrentía superficial localmente, no hacerlo correctamente podría originar un aumento de la erosión. Existen publicaciones donde se detalla la implementación del laboreo siguiendo curvas de nivel [36, 45, 59]. El laboreo siguiendo curvas de nivel es más eficiente para controlar la erosión en pendientes entre el 2 y el 11%, siendo apenas efectivo por encima del 20% de pendiente. Para ser efectivos los surcos deben estar bien hechos y con suficiente altura, mínimo 5 cm, para que puedan encauzar el agua. La pendiente a lo largo del surco no debe ser nula, sino que debe tener cierta pendiente para poder encauzar el agua de escorrentía hacia zonas de drenaje protegidas (ya se hablará más adelante de esta protección). Se suelen recomendar pendientes dentro del surco superiores al 0.2% y siempre inferiores al 2%. Los surcos no deben ser demasiado largos, recomendándose longitudes máximas de 150 m en suelos con pendientes menores del 2% y de 60 m en pendientes por encima del 10%. La Tabla 9 da idea de cuales son esas longitudes máximas de ladera a partir de la cual deja de ser una técnica efectiva.

**Tabla 9: Longitud de ladera máxima para que el laboreo paralelo a las curvas de nivel sea efectivo de acuerdo a diferentes fuentes recogidas en 59.**

<i>Pendiente %</i>	<i>Máxima longitud de ladera, m</i>	<i>Máxima longitud de ladera, m</i>
1-2	305	122
3-5	117	92
6-8	61	61
9-12	38	37
13-16	24	25
17-20	18	18
21-25	16	16

En olivar se ha probado con éxito la inserción de pozas o lunetas, pequeñas depresiones excavadas aguas arriba de cada olivo, con los bordes conectados para evacuar el agua sobrante de forma controlada. Numerosos agricultores han adoptado esta medida. Se ha comprobado que aumenta la recarga del suelo del olivar [60]. Otra alternativa adecuada para detener y aprovechar la escorrentía superficial, en olivares de pendientes suaves, sería ensayar el sistema de surcos trabados (*tie ridge*) introducido hace tiempo en la agricultura de varios países africanos [61]. Son prácticas que conviene extender y estudiar con más detalle ya que poseen un elevado potencial pero también los mismos riesgos implícitos que el laboreo paralelo a las curvas de nivel mal planteado. La práctica del alomado ha dado excelentes resultados en cultivos herbáceos, y consiste en limitar en la superficie del suelo unas franjas por las que circulen las ruedas de los aperos, lo que incrementa la infiltración del agua en el suelo [62]. Esta práctica puede ser extendida al olivar, y de hecho el tráfico restringido se aplica en algunas fincas de olivar con éxito.

### 3.3.3. Medidas basadas en medios mecánicos.

Una alternativa clásica dentro de esta categoría, que sólo se puede plantear en nuevas plantaciones, es la construcción de terrazas. Las terrazas, Figura 20, son estructuras que atajan el flujo de escorrentía superficial, bien para absorberlo con una zona de infiltración, en cuyo caso se denominan terrazas de absorción, bien para reconducirlo mediante un canal con una pendiente reducida (entre 1-3 por mil) hacia desagües revestidos, Figura 22, en cuyo caso se denominan terrazas de desagüe. Las terrazas de absorción no se consideran viables en pendientes mayores del 3% o en suelos arcillosos de baja velocidad de infiltración, y las de desagüe son difíciles de instalar en pendientes superiores al 12-18% [63, 64], aunque son muy eficaces en cultivos en ladera cuando están bien diseñadas [65,66] Existen diferentes publicaciones que recogen los detalles necesarios para la construcción de estas terrazas y de zonas de desagüe [47, 63, 64, 67].





Figura 20: Imágenes de cultivo en terrazas. La vista superior muestra un viñedo en pendiente elevada, y la inferior muestra la sección de una terraza. Fotos cortesía del USDA National Resources Conservation Service.

Las dimensiones de las terrazas, separación entre elementos consecutivos y longitud del canal han de adaptarse al marco de plantación, las operaciones de cultivo necesarias y a la topografía del terreno. La longitud de las terrazas de desagüe no debe superar nunca los 500 m, o 1000 m en el caso de las terrazas de retención. La Tabla 10 resume los criterios de espaciamiento horizontal entre terrazas sugeridos en los EEUU.

**Tabla 10. Ancho máximo de la terraza recomendado en base a la pendiente del terreno y a la erosividad de la lluvia,  $R$  en ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ). La Tabla 6 ofrece valores medios de  $R$  en las comarcas de Andalucía,**

<i>Pendiente original %</i>	<i>Pendiente original %</i>	<i>Ancho máximo de la terraza. m [63]</i>	
		<i>R &lt; 597</i>	<i>597 &lt; R &lt; 2978</i>
1	0-2	210	150
2	2-4	210	120
3	4-6	180	120
4	6-9	120	90
5	9-12	120	75
6	12-18	75	60
7	>18	75	60
8			
9			
10	Anchura mínima en cualquier pendiente		
12		60	45
15			
20			

Aunque debe tomarse con cautela, permiten dar idea de las dimensiones de las mismas. Las estructuras de detención y desagüe han de resistir el flujo de escorrentía concentrado que sale de una red de terrazas por lo que deben estar revestidas. Los materiales que las revistan pueden ser muy variados y pueden ir desde vegetación viva, como en la Figura 22, hasta materiales reciclados como cubiertas viejas de coche [68].



Figura 22: Ejemplos de zonas de desagüe de terrazas, protegidas en este caso, con vegetación permanente. Fotos cortesía del USDA National Resources Conservation Service.

Una alternativa similar a la instalación de terrazas en una plantación leñosa es su implantación con las líneas de árboles siguiendo curvas de nivel [69], Figura 21.



Figura 21: Ejemplo de plantaciones siguiendo curvas de nivel.

En ellas al condicionar el tráfico y labores perpendicularmente a la máxima pendiente se acaba consiguiendo un resultado similar al de las terrazas. Esta opción es más efectiva en

pendientes entre el 2 y el 10%, y se deben implantar siguiendo las precauciones antes comentadas para las terrazas en lo referente a pendientes, longitudes máximas, encauzamiento de la escorrentía y zonas de desagüe. A partir de determinada pendiente los movimientos de tierras necesarios y la estabilidad de los taludes hace inviable la utilización de terrazas como las descritas anteriormente y obliga, si se opta por nivelar el terreno, al abancalamiento con muros de piedra, Figura 23. Por su coste y problemas de mecanización esta situación no se va a dar en olivares nuevos, pero son una estampa común en olivares de montaña. Conviene recordar la necesidad de un mantenimiento adecuado de dichos bancales para mantener su utilidad y evitar un colapso de sus paredes, Figura 21.



Figura 23: Ejemplo de una cárcava en una vaguada dentro de un olivar, vista superior. Vistas inferiores ejemplos de bancales en olivar de montaña.

En las zonas donde se concentra la escorrentía, como en vaguadas, se suelen formar cárcavas, Figura 24.





Figura 24: Ejemplos de pequeñas presas de retención para corrección de cárcavas.

Existen obras especializadas donde se describe la corrección y control de las mismas cárcavas [45, 47, 70]. El primer criterio necesario para un control efectivo de cárcavas es limitar o reducir la cantidad de escorrentía que circula por la cárcava. Esto puede lograrse protegiendo con vegetación las zonas aguas situadas aguas arriba de la misma y, si fuera necesario, desviando parte de este agua mediante alguna zanja de desvío [47, 71]. Después habría que reforzar la cabecera y laterales de la cárcava con cubiertas vegetales o barreras de vegetación para limitar su crecimiento. El tercer paso sería establecer a lo largo de la longitud de la cárcava pequeñas presas de retención cuyo objetivo es reducir la velocidad del agua y permitir que el sedimento deposite y acabe rellenando y estabilizando la cárcava. Estas presas se pueden construir con materiales locales (como piedras, metal reciclado, sacos rellenos, madera de poda), Figura 24. Se deben espaciar a lo largo de la cárcava de manera que el nivel de agua a la altura máxima de una presa llegue al pie de la presa situada aguas arriba, ver Figura 25.

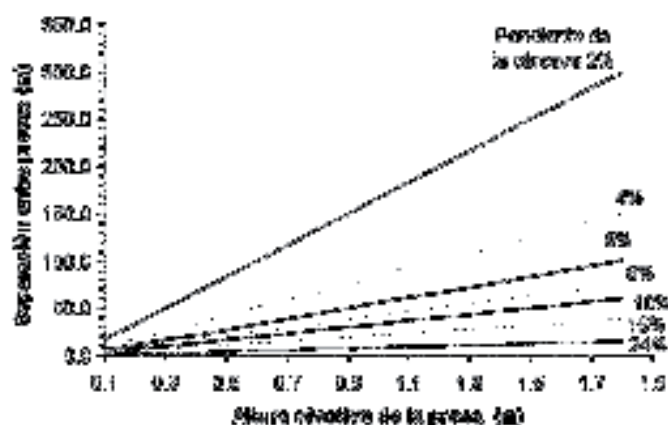


Figura 25: Espaciamiento en horizontal entre presas de retención en función de su altura y la pendiente de la cárcava.

Se deben construir de forma que la parte central de la presa esté rebajada, como orientación unos 15 cm, con respecto a su altura máxima para que sirva de aliviadero, y esta zona de vertido del aliviadero debe protegerse (con rocas, vegetación, hormigón,...) para evitar que se socave el lecho de la cárcava al pie de la presa de retención. Esta presa de retención debe extenderse lo suficientemente perpendicular a la cárcava para evitar que al ir rellenándose de sedimentos se desborde por los lados y deje de ser efectiva. Una vez que la zona aguas arriba de la presa se haya rellenado con sedimento, conviene establecer vegetación para proteger de manera permanente esa zona ya restaurada. Si las obras se hacen sin la supervisión de un técnico es recomendable no construir presas de altura superior a 0.6 m. En caso de tener una cárcava grande que requiera presas de retención de mayor altura es recomendable recurrir a la supervisión de un técnico por, su coste, y por los riesgos que entrañaría una estructura de este tipo mal diseñada o construida.

Otras zonas desde las que en muchas ocasiones se inician regueros y cárcavas son en los caminos y carriles que cruzan el olivar. Estos caminos son zonas muy consolidadas en las que se genera mucha escorrentía y se encauza hacia sus puntos más bajos. La disposición de estos caminos viene condicionada por las operaciones y topografía de la finca, pero en la medida de lo posible deben evitar construirse en las zonas de vaguada o siguiendo línea de máxima pendiente. Cuando se observa que pueden crear problemas de erosión puede tratarse de darles pendiente, e incluso establecer desagües transversales, que desvíen la escorrentía generada para que evacuen sin daño la escorrentía hacia zonas protegidas [47, 72].

### 3.4. Resumen y conclusiones

Aunque resulta difícil evaluar con precisión la situación debido a la limitada información experimental disponible, en comparación con la extensión y variabilidad de los paisajes de olivar, parece evidente que el olivar en Andalucía sufre una situación grave de erosión hídrica y de contaminación difusa debido a una combinación de condicionantes geográficos, escasez de sistemas de conservación de suelo y un manejo de suelo inadecuado. La información disponible sugiere que las laderas manejadas con suelo desnudo (usando herbicida o laboreo) experimentan pérdidas de suelo que superan el límite tolerable, originando pérdidas significativas de nutrientes y materia orgánica y daños *ex-situ* graves. La limitada información disponible sugiere que, salvo casos extremos, estas pérdidas no parecen haber deteriorado la calidad de los suelos de manera extrema sugiriendo una capacidad de recuperación notable de muchos de los suelos de los olivares, aunque ésta no es ilimitada y los suelos de olivar se están viendo sometidos a un minado progresivo de los mismos. La información experimental disponible también indica como las cubiertas vegetales constituyen una práctica de conservación de suelo y agua muy eficaz en las zonas en pendiente.

Una aproximación mediante la evaluación del riesgo de erosión en olivar a escala de ladera por comarcas indica grandes diferencias comarcales debido a las características climáticas, topográficas y edáficas. En esta evaluación se advierten niveles insostenibles de pérdida de suelo en muchas comarcas. Aunque los valores absolutos de pérdida de suelo de este análisis deben tomarse con cautela, debido a las hipótesis simplificadoras y a la falta de validación de los modelos, el análisis de escenarios sugiere que para lograr una explotación

sostenible de los olivares de Andalucía se debe estudiar la introducción de estrategias de conservación más exigentes y adaptadas por zonas geográficas y, dentro de éstas, por pendientes. La adopción de estas medidas requiere un grado de difusión y experimentación tal que sería necesaria una agrupación de esfuerzos de instituciones de investigación, agricultores y administraciones con responsabilidad en la gestión del territorio. La incertidumbre en la monitorización del efecto de estas medidas de control sobre las tasas reales de erosión, y la necesidad de desarrollar criterios locales para su aplicación efectiva sugieren que se apliquen de manera paulatina, acondicionada a las diferentes comarcas y comenzando por las de menor coste y riesgo. Ello daría tiempo al desarrollo del conocimiento básico y aplicado necesarios, entre otras cosas, para establecer estrategias basadas en el análisis de costes y beneficios sobre un conocimiento más robusto que el que hay disponible en la actualidad.

Para aumentar ese nivel de exigencia en la conservación de suelo en olivar se dispone de una amplia gama de medidas de conservación de suelo que pueden aplicarse por agricultores o técnicos a escala de finca. Para que estas medidas sean efectivas deben plantearse abordando la explotación como un sistema y no como una serie de medidas aisladas, involucrando a diferentes agricultores en caso de que compartan la misma cuenca hidrológica. Una de las mayores limitaciones para la implementación eficaz de estas medidas es que los criterios generales disponibles son traslación de desarrollos en otros lugares, que pueden servir sólo como orientación, pero que es necesario adaptar experimentando con precaución a las diferentes condiciones de los olivares andaluces. Este es un reto técnico, que debería constituir una prioridad para el sector y abordarse mediante iniciativas ambiciosas y coordinadas a escala regional que exige la implicación de todos aquellos involucrados el olivar, como agricultores, técnicos e investigadores. Sin este esfuerzo colectivo la erosión hídrica podría dañar seriamente la olivicultura andaluza, como ha hecho con otras civilizaciones agrícolas.

### 3.3. Referencias

- 1- B.J. Wilkinson y B.K. McElroy. GSA Bull. 119, 140-156 (2007).
- 2- D.R. Montgomery. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 104, 13269-13272 (2007).
- 3- Y. Baskin. *Under ground*. Island Press, Washington (2005).
- 4- M.A. Nearing, M.J.M. Römkens, L.D. Norton, D.E. Stott, F.E. Rhoton, J.M. Laflen, D.C. Flanagan, C.V. Alonso, R.A. Bingner, S.M. Dabney, O.C. Doering, C.H. Huang, K.C. McGregor, y A. Simon,. Science 290, 1300-1301. (2000).
- 5- S.W. Trimble, P. Crosson. Science, 289, 248-250. (2000).
- 6- N. Smith. *A history of dams*. Peter Davies, Londres (1971).
- 7- D. Pimentel, C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri, y R. Blair. Science 267, 1117-1123. (1995).
- 8- H.M. Gunatilake y G.R. Vieth. J. Soil Water Conserv., 55, 197-204 (2000).
- 9- S. Colombo y J. Calatrava. Economía Agraria y Recursos Naturales, 3, 21-40 (2003).
- 10- citado por E.C. Semple. *The geography of the Mediterranean region*. AMS Press, Nueva York (1971).
- 11- Consejería de Agricultura y Pesca. *El olivar andaluz*. Servicio de Publicaciones y Divulgación, Junta de Andalucía. Sevilla. (2003).
- 12- K. Vanderlinden, J.V. Giráldez y M. van Meirvenne. Vadose Zone J. 4:317-328. (2005).

- 13- C. Rojo. *Arte de Cultivar el Olivo*. Edición Facsímil de 1840. Editorial El Olivo, Úbeda. (2001) y J. de Hidalgo. *Tratado del cultivo del olivo en España y modo de mejorarlo*. Edición Facsímil de 1870. Editorial El Olivo, Úbeda. (2000).
- 14- J.F., Zambrana. *Crisis y modernización del olivar español: 1870-1930*. M.A.P.A. Madrid. (1987)
- 15- J. G. de Azcárate. *Agricultura* 278, 326-331. (1955)
- 16- J. G. de Azcárate. *Agricultura* 289, 275-278. (1956)
- 17- H.H. Bennett. *Geogr. Rev.* 50, 59-72. (1960)
- 18- M., Pastor, J., Castro, V., Vega, M.D. y Humanes. Sistemas de manejo del suelo. En: *El cultivo del olivo*- Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds). Mundi Prensa. Madrid. (1999)
- 19- M. Saavedra y M. Pastor. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Editorial Agrícola Española. Madrid. (2002).
- 20- G. Castro, J.A., Gómez, y E. Fereres. *Vida Rural* 228: 36-38 y 44-48. (2006.)
- 21- L. Arroyo. *Valoración agronómica de las pérdidas por productividad por erosión en cultivos plurianuales mediterráneos*. Tesis doctoral. Univ. de Córdoba. (2004).
- 22- J.A. Gómez, P. Romero, J.V. Giráldez, y E. Fereres. *Soil Use Manag.* 20: 426-431. (2004)
- 23- J.A. Gómez, J.V. Giráldez y E. Fereres. Actas de la reunión anual de la European Geophysical Union, Viena. 16- 20 de Abril. (2007).
- 24- J.R. Martínez, V.H. Durán y A. Martínez. *Sci. Total Environ.* 358: 46-60. (2006)
- 25- J.A. Gómez, T.A. Sobrinho, J.V. Giráldez y E. Fereres. *Soil Till. Res.* 102:5-13 (2009).
- 26- S. Alvarez, M.A. Soriano, B.B. Landa y J.A. Gómez. *Soil Use Manag.* 23: 404-416. (2007)
- 27- S. Alvarez, M.A. Soriano, B.B. Landa y J.A. Gómez. (en preparación).
- 28- J. Milgroom, M.A. Soriano, J.M. Garrido, J.A. Gómez y E. Fereres. *Renew. Agric. Food Syst.* 22: 1-10. (2007)
- 29- J. Castro, E. Fernández-Ondoño, C. Rodríguez, A.M. Lallena, M. Sierra y J. Aguilar. *Soil Till. Res.* 98: 56-67. (2008)
- 30- J.A. Gómez, T. Vanwallegem y E. Fereres, E. Actas de la reunión anual de la European Geophysical Union, Viena. 13-18 de Abril. (2008).
- 31- E. Taguas. *Evaluación de la pérdida de suelo en olivar a escala de microcuenca bajo distintos manejos de suelo*. Tesis Doctoral. Dpto. de Ingeniería Rural. Univ. de Córdoba. (2007).
- 32- C. Ayala. *Modelización de la erosión hídrica en un olivar de regadío*. Trabajo Profesional Fin de carrera. Dpto. de Agronomía. Univ. de Córdoba. (2004).
- 33- C. Aguilar. *Evaluación de la contaminación difusa en zonas de olivar con diferentes alternativas de manejo de suelo*. Trabajo Profesional Fin de carrera. Dpto. de Agronomía. Univ. de Córdoba. (2004).
- 34- J.A. Gómez, J.V. Giráldez y E. Fereres. Actas de la reunión anual de la European Geophysical Union, Viena. 24- 29 de Abril. (2005).
- 35- J. Boardman. *Catena.* 68 73-86. (2006).
- 36- K.G. Renard, G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool y D.C.Yoder. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)*. USDA Agric. Hbk. 703. US Department of Agriculture, Washington. (1997).
- 37- J.A. Gómez, M. Battany, C.S. Renschler y E. Fereres. *Soil Use Manag.*, **19**, 127-134. (2003)
- 38- ICONA. *Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de*

- pérdidas de suelo*. MAPA, Madrid. (1988).
- 39- IARA-CSIC. *Mapa de suelos de Andalucía, (1:400.000)*. (eds J.L. Mudarra, E. Barahona, C. Baños, A. Iriarte y F. Santos), Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla. (1998).
- 40- C.R. Trueba, T. Millán, C. Schmid, C. Roquero y M. Magister. *Bases de datos de propiedades edafológicas de los suelos españoles*. Informes Técnicos 882 y 883. CIEMAT, Madrid. (1999).
- 41- J.R. Guzmán. *Geografía de los paisajes del olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca-Junta de Andalucía. Sevilla. (2004)
- 42- A. Alcántara, J.A. Gómez y E. Fereres. *Agricultura* 885: 426-432. (2006)
- 43- FAO. *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos*, vol. 1. FAO. Roma. (1980).
- 44- S.J. Goldman, K. Jacksony T.A. Bursztynsky. *Erosion and Sediment Control Handbook*. McGraw Hill. Nueva York. (1986)
- 45- N. Hudson. *Conservación de suelo*. Traducción al español del original *Soil conservation*. Batsford Londres. 1971, Reverté. Barcelona. (1982).
- 46- K.B. Showers. *Imperial Gullies. Soil erosion and conservation in Lesotho*. Ohio University Press. Athens. (2005)
- 47- R.P.C. Morgan. *Erosión y conservación de suelo*. Traducción al español de la segunda edición *Soil erosion and conservation*. Longman, Londres. 1996. Mundi Prensa. Madrid. (1997).
- 48- Stripcropping. Conservation Practice Standard # 585 Natural Resource Conservation Service. Washington. (2008).
- 49- S.M. Dabney, F.D. Shields, D.M. Temple y E.J. Langendoen. *Trans. ASAE*. 47, 1561-1571. (2004).
- 50- R. Muñoz-Carpena, J.E. Parsons y J.W. Gilliam. *J. Hydrol.* 214 111-129. (1999).
- 51- Filter strip. Conservation Practice Standard # 393 Natural Resource Conservation Service. Washington. (2008).
- 52- Contour buffer strips. Conservation Practice Standard # 332. Natural Resource Conservation Service. Washington. (2007).
- 53- Vegetative barriers. Conservation Practice Standard # 601 Natural Resource Conservation Service. Washington. (2003).
- 54- Mulching. Conservation Practice Standard # 484 Natural Resource Conservation Service. Washington (2008).
- 55- J.M. Spain y D.L. McCune. *Agron. J.* 48. 192-193. (1956)
- 56- M.L. Fairbourn y H.R. Gardner. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 36:823-827. (1972).
- 57- G.M. Hyde, J.E. George, K.E. Saxton y J.B. Simpson. *Trans. ASAE* 29:20-25. (1986)
- 58- K.E. Saxton, D.K. McCool y R.I. Papendick. *J. Soil Water Conserv.* 36, 44-47. (1981).
- 59- Contour farming. Conservation Practice Standard # 330. Natural Resource Conservation Service. Washington. 2007.
- 60- L. Gómez. *Efecto hidrológico de las pozas o semilunetas en el olivar*. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba. Dpto. de Agronomía. (1996).
- 61- H.A. Elwell y A.J. Norton. *No-till tie ridging. A recommended sustained crop production system*. Institue of Agricultural Engineers. Harare. (1988).
- 62- R.L. Baumhardt y R.J. Lascano. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1908-1913. (1996).
- 63- Terrace. Conservation Practice Standard # 600. Natural Resource Conservation Service.

- Washington. (2002).
- 64- USDA-NRCS. National Engineering Handbook. Part 650 Engineering Field Handbook. Chapter 8 Terraces. SCS. Washington D.C. (2007).
- 65- A.W. Zingg y V.L. Hauser. Agron. J. 51, 289-292. (1959).
- 66- B.J. Twombly, D.E. Eisenhauer, D.L. Martin y T.G. Smith. ASABE Paper 085160. (2008).
- 67- USDA-NRCS. National Engineering Handbook. Part 650 Engineering Field Handbook. Chapter 7. Grassed waterways. Washington D.C. (2007).
- 68- D.C. Slack, G. García, R. Roth, S. Hoenig, R. Segovia, R. Soto y A. Frayne. Engineered conservation structures using discarded tires en E.W. Tollner y A. Saleh, eds. 21<sup>th</sup> century watershed technology: improving water quality and environment. ASABE. Concepción, Chile. 29 de marzo. (2008).
- 69- Contour orchard and other fruit areas. Conservation Practice Standard # 331. Natural Resource Conservation Service. Washington. (2003).
- 70- USDA-NRCS. National Engineering Handbook. Part 650 Engineering Field Handbook. Chapter 10. Gully treatment. Washington D.C. (2007).
- 71- USDA-NRCS. National Engineering Handbook. Part 650 Engineering Field Handbook. Chapter 9. Diversions. Washington D.C. (2007).
- 72- Access road. Conservation Practice Standard # 560 Natural Resource Conservation Service. (2003).



## CAPÍTULO 4: EFECTO DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN OLIVAR SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

**Dra. M<sup>a</sup> Carmen Hermosín <sup>1</sup>, Dr. A. Rodríguez-Lizana <sup>2</sup>,  
Dr. J. Cornejo <sup>3</sup>, Dr. R. Ordóñez-Fernández <sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla.CSIC. mchermosin@irnase.csic.es

<sup>2</sup> Área de Ingeniería Agroforestal. EUITA, Universidad de Sevilla. Ctra de Utrera, km 1, 41013 Sevilla, España. arodriguez2@us.es

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla.CSIC. cornejo@irnase.csic.es

<sup>4</sup> Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales, Centro IFAPA "Alameda del Obispo", Apdo. 3092, 14080 Córdoba, España. rafaeram.ordonez@juntadeandalucia.es

### 4.1. Introducción

Las aguas dulces constituyen un recurso natural renovable, único y escaso, en permanente conflicto de intereses por ser esencial para la vida y las actividades del hombre. El crecimiento poblacional, junto al acelerado desarrollo económico y tecnológico, son los factores principales de la pérdida de calidad de los acuíferos superficiales y profundos.

Además de los efectos positivos del progreso agrícola, la agricultura y las actividades afines son causantes de efectos ambientales negativos. Parte importante de ellos se origina en el manejo inadecuado de los suelos y de las aguas de riego, y en la aplicación no ambientalmente calibrada de prácticas y tecnologías. El resultado de este manejo no sostenible es la contaminación difusa (CD) de las aguas dulces superficiales y subterráneas.

La contaminación difusa emerge principalmente como consecuencia de las necesarias actividades agrícolas, silvícolas y ganaderas. Hay opiniones sobre la imposibilidad de hacer agricultura ó silvicultura sin generar CD, pero es evidente que su magnitud será mayor si las prácticas de manejo se ejecutan sin respetar las dosis recomendadas, los plazos de seguridad, o sin una visión ambiental.

Dada la multiplicidad de acciones asociadas a la agricultura, no es fácil –a priori– identificar las vinculadas directamente a la CD. No obstante, prácticas en principio susceptibles de generar contaminación son:

- Control de plagas, enfermedades y malezas, con productos aplicados directamente al suelo.
- Fertilización, en especial con abonos nitrogenados.
- Laboreo del suelo.
- Riego, como precursor de erosión y potenciador de la CD.
- Manejo de ganado.

Como se observa, dichas prácticas, en términos generales, son completamente necesarias para la actividad agrícola, de ahí la importancia de su adecuada realización.



La gravedad que comporta la contaminación de las aguas superficiales es obvia (Fig. 1), tanto en un nivel de análisis puramente económico -ya que la escasez del recurso es de hecho incrementada por la anulación para su posible uso de importantes volúmenes fluyentes- como desde el punto de vista ecológico, en el sentido de la apreciación de los daños que la contaminación provoca en la flora y la fauna y en los espacios naturales.

Mientras que en los cursos superficiales son fácilmente imaginables actuaciones de saneamiento capaces de revertir su situación, en el caso de las aguas subterráneas la cuestión resulta más complicada por la dificultad o incluso la imposibilidad del saneamiento de los acuíferos.



Mapa de riesgos por fuentes difusas de contaminación

R S	Riesgo seguro
R EE	Riesgo en estudio
R 0	Sin Riesgo

Figura 1 Masas de aguas con riesgos de contaminación por fuentes difusas. Fuente: SWPI 3 (Directiva Marco del Agua (1))

Las masas en riesgo seguro como consecuencia de fuentes difusas de contaminación son fundamentalmente aquéllas en las que se detectan sustancias procedentes de actividades agrícolas a concentraciones superiores a las normas de calidad ambiental vigentes. Así, en Andalucía y en base a muestreos realizados por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se han detectado, con una frecuencia variable en las diferentes campañas agrícolas analizadas (2004, 2005, 2007) Simazina, Endrín, Aldrín, Terbutilazina, Isodrín, HCH, Atrazina, Diel-drín, Diurón y Clorpirifos ([www.chguadalquivir.es/chg](http://www.chguadalquivir.es/chg)).

## 4.2. Una exigencia de los mercados: el uso de agua limpia

Los aportes de cada actividad a la pérdida de calidad de las aguas se concentran dentro de sus líneas de flujo ambiental. La CD conlleva trastornos ambientales como son el incremento del contenido de nutrientes en el agua (principalmente nitrógeno [N] y fósforo [P]), contaminación biológica (coliformes fecales y totales), presencia de residuos de plaguicidas e incremento de sedimentos, factores que favorecen la eutrofización de las aguas dulces. Una primera consecuencia de esta contaminación es la pérdida ó encarecimiento de opciones de uso del agua dulce con el añadido de que si estas aguas se utilizan para el riego, se extiende a la contaminación de los suelos receptores.

Para disminuir la CD es necesario aplicar prácticas de manejo sustentables y adscritas a códigos de Buenas Prácticas Agrícolas, con efectos positivos a largo plazo. En Andalucía, la Consejería de Agricultura y Pesca ha elaborado un Plan de Buenas Prácticas en el Manejo de Suelos del Olivar, cuyo fin último es el desarrollo sostenible.

El manual para olivicultores incluye aspectos como la condicionalidad y las prácticas recomendadas en la lucha contra la erosión del suelo en el olivar, con el fin de reducir los riesgos de contaminación. Asimismo, se pretende dar a conocer las actuaciones que se están desarrollando para el control de las aguas subterráneas, como el Plan de Control del olivar, monitoreo en suelos y aguas de áreas de riesgo, restricciones del uso de materias activas en los cauces de los embalses de abastecimiento, o la gestión de envases de productos fitosanitarios.

Hace especial hincapié en los riesgos del uso de herbicidas por lo que repara en las condiciones previas a su aplicación, disuadiendo al agricultor de su uso siempre y cuando no sea estrictamente necesario y justificado. En esta misma línea, la Consejería de Agricultura y Pesca recoge las formas de aplicación de estos productos en el olivar, así como las condiciones que debe reunir la maquinaria precisa para esta tarea, sin olvidar que las sustancias utilizadas deben estar autorizadas para este cultivo, según el Registro de Productos Fitosanitarios del MAPA.

Algunas de estas medidas son de obligado cumplimiento. No hay que olvidar que en los tres últimos años se han producido varias alarmas sanitarias debidas a la contaminación por herbicidas residuales en los embalses de Zocueca, Dañador, Iznájar, Quiebrajano, Giribaile y Rumblar.

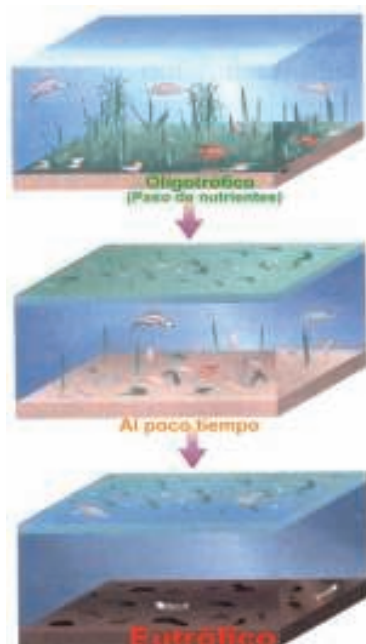
### 4.3. Pérdida de calidad de aguas superficiales y subterráneas por los fertilizantes. Eutrofización.

La agricultura intensiva de altos rendimientos depende necesariamente de la incorporación de fertilizantes y pesticidas. Entre 1965 y 1995, el uso global de fertilizantes nitrogenados se incrementó siete veces y el uso del P se incrementó 3,5 veces, esperándose que el uso de ambos aumente 3 veces más para el año 2050 [2]. Sin embargo la eficiencia de aplicación de los fertilizantes muestra que sólo entre el 30 y el 50% del N aplicado y cerca del 45% del P es extraído por los cultivos. El resto, especialmente el N, se pierde contaminando las aguas superficiales y profundas y puede producir eutrofización.

La conjunción del método de abonado utilizado en el olivar y de las características meteorológicas del clima mediterráneo que afecta a la mayor parte de la zona olivarera andaluza y que se caracteriza por chubascos de fuerte intensidad, provoca que se registren elevadas pérdidas de elementos asociados a la fertilización, variables a su vez en función del manejo de suelo realizado.

### 4.4. Eutrofización.

La eutrofización o enriquecimiento en nutrientes de las aguas es un proceso que da lugar a un crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos, embalses o lagos, generando residuos orgánicos (Fig. 2). Su descomposición consume gran parte del oxígeno disuelto, hecho que puede afectar potencialmente a la vida acuática y, en última instancia, producir la muerte por asfixia de la fauna y flora.



Agua clara.  
La luz penetra.  
Prospera la vegetación acuática sumergida.

Agua turbia.  
La vegetación acuática sumergida queda en la oscuridad.

Agotamiento del oxígeno.  
Muerte de los vertebrados por sofoco.

Figura 2. Esquema del proceso de eutrofización

Algunas de estas algas emiten sustancias tóxicas que pueden matar a mariscos y peces, haciéndolos no aptos para consumo humano. Asimismo, pueden dar al agua sabores desagradables o hacerla inadecuada para el consumo. El crecimiento de algas puede afectar también al uso recreativo de embalses y lagos, a la circulación del agua en ríos y canales y obturar los filtros de estaciones de tratamiento del agua.

Los nutrientes claves en la eutrofización son el nitrógeno y fósforo, aunque también tienen importancia otros como la sílice y los oligoelementos. El umbral de concentración de nutrientes, por encima del cual la eutrofización se convierte en un problema medioambiental, depende de la topografía y de la naturaleza física y química de la masa de agua. Las descargas de estos elementos pueden producirse por su movimiento en aguas de drenaje o bien mediante procesos de erosión y escorrentía (Fig. 3), y se acentúan en el olivar al ser una especie tradicionalmente implantada en laderas, que en muchas ocasiones vierten directamente a embalses importantes cantidades de agua y sedimentos.

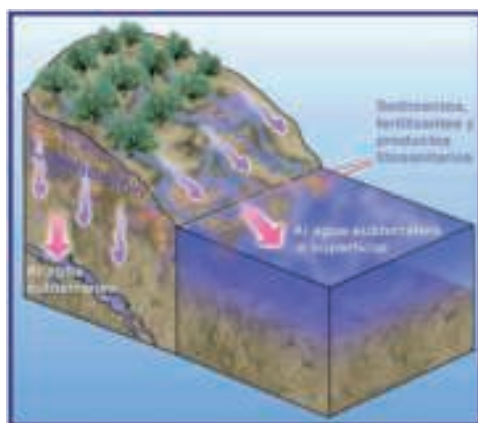


Figura 3. Movimiento de agua y contaminantes en el suelo

Los diferentes estudios realizados hasta el momento en Andalucía presentan algunas discrepancias (especialmente en la cuenca del Guadalquivir, la zona más analizada). Sin embargo, puede afirmarse de manera general que cerca del 50% de los embalses regionales presentan un estado eutrófico [3], o bien se aprecia una tendencia clara hacia dicho estado.

Se presentan a continuación (Tabla 1) los resultados obtenidos durante los años 2006 y 2007 en las campañas de toma de muestras ejecutadas dentro de la red de seguimiento del estado de eutrofia de los embalses en las zonas vulnerables a la contaminación por Nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en el marco territorial de la Cuenca del Guadalquivir, con la excepción del embalse de Villafranca, en el que no hay datos registrados [4, 5].

**Tabla 1. Grado trófico estimado en los embalses de la Cuenca del Guadalquivir.**

Embalse	Provincia	Grado trófico	Evolución <sup>†</sup>
Cubillas	Granada	Eutrófico	↔
Encinarejo	Jaén	Eutrófico	↓
Yeguas	Córdoba	Mesotrófico	↔
San Rafael de Navallana	Córdoba	Mesotrófico	↔
La Breña	Córdoba	Mesotrófico	↔
Bembézar	Córdoba	Mesotrófico	↓
Hornachuelos	Córdoba	Eutrófico	↓
Retortillo	Sevilla	Mesotrófico	↑
Retortillo (derivación)	Sevilla	Eutrófico	↔
Torre del Águila	Sevilla	Hipereutrófico	↔
Alcalá del Río	Sevilla	Hipereutrófico	↓
José Torán	Sevilla	Mesotrófico	↔
Marmolejo	Jaén	Hipereutrófico	↓
Cantillana	Sevilla	Hipereutrófico	↓
Peñaflor	Sevilla	Hipereutrófico	↔
El Carpio	Córdoba	Hipereutrófico	↔
Villafranca	Córdoba	Hipereutrófico	-

<sup>†</sup> Evolución de los embalses en el año 2007 con respecto al año 2006. ↔: permanece igual; ↓: empeora; ↑: mejora.

La mayoría de los embalses controlados en la red presentan el mismo grado trófico que en los resultados obtenidos en 2006. En seis embalses se detecta un empeoramiento, y en uno una mejora del grado trófico.

#### 4.4.1. Nitrógeno

La contaminación de las aguas causada por la producción agrícola y ganadera intensiva es un fenómeno cada vez más acusado que se manifiesta, especialmente, en un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas. Una aplicación adecuada de fertilizantes originará menor contaminación de las aguas superficiales y principalmente de las aguas subterráneas, donde el problema se agudiza por la mayor dificultad que entraña cualquier corrección.

La contaminación difusa tiende a adquirir cada vez mayor protagonismo en la degradación de los recursos hídricos. Cuanto mayores son el grado de depuración y de limitación de los vertidos puntuales, más destaca el efecto que este tipo de contaminación produce, sobre todo

si se tiene en cuenta que en determinadas cuencas hidrográficas la aportación de nitrógeno de origen difuso representa más del 50% del N total de la cuenca. Es por ello que muchos países se han visto obligados a iniciar cambios en su ordenamiento legislativo, configurando normativas que regulen las explotaciones agrícolas y ganaderas, así como la eliminación de los residuos ganaderos. No obstante, existen importantes diferencias entre los países desarrollados y los no desarrollados. Por ejemplo, en la década 1990-2000 el consumo de fertilizantes disminuyó en los primeros a un ritmo medio del 2,3% anual, mientras que los no desarrollados incrementaron el consumo de los mismos una media de 4,5% al año [6].

En Europa existe un importante problema de contaminación de suelos y aguas por nitratos relacionado con las prácticas agrícolas tradicionales (sirvan como ejemplo Holanda, Francia y Alemania, entre otros), en las que se aplican entre 2.000 y 2.500 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de fertilizantes y que se ha visto notablemente acentuado con la producción agrícola intensiva. Es por ello que el Consejo Europeo aprobó el 30 de junio de 1992 el Reglamento 2078/92 (DOCE 215/L, de 30-06-92) donde *se establecen las normas sobre los métodos de producción agrícola compatibles con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural*, traspuestos a la legislación española mediante varios Reales Decretos (hoy derogados) en los que se recogía la aplicación de las medidas contenidas en dicho Reglamento (Real Decreto 51/1995, de 20 de enero –BOE 33, de 8/2/1995-; Real Decreto 632/1995 de 27 de abril –BOE 112, de 11/5/95-; RD 928/95, de 9 de junio –BOE 170, de 18/7/1995). Además, con el fin de reducir el problema de la contaminación por nitratos y adoptar medidas preventivas que evitarán en lo posible futuras contaminaciones por este origen, el Consejo Europeo aprobó el 12 de diciembre de 1991, la Directiva 91/676/CEE (DOCE 375/L, de 31-12-91), *relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola*, traspuesta a la legislación española por el RD 261/1996 de 16 de febrero (BOE 61, 11/3/1996). Dicha Directiva tiene por objeto proteger la calidad de las aguas frente a la contaminación difusa derivada del uso de los fertilizantes y el estiércol en las actividades agrícolas, tratando de paliar este problema mediante la actuación, de forma preventiva, contra nuevas fuentes de este tipo de contaminación.

En este sentido, la Directiva 91/676/CEE obliga a cada uno de los estados miembros a:

- Identificar las aguas afectadas o que puedan verse afectadas por la contaminación por nitratos.
- Designar zonas vulnerables.
- Establecer programas de acción respecto a las zonas vulnerables designadas.
- Elaborar códigos de buenas prácticas agrarias.
- Elaborar y ejecutar programas de control, para evaluar la eficacia de los programas de acción y designar, modificar o ampliar la lista de zonas vulnerables.
- Realizar revisiones periódicas, al menos cada cuatro años, de la designación de las zonas vulnerables y de los programas de acción.
- Elaborar y presentar a la Comisión de la Unión Europea un informe de situación cada cuatro años.

El Anexo I de la Directiva considera como aguas afectadas:

- las aguas dulces superficiales, en particular las que se utilicen o vayan a utilizarse para la extracción de agua potable.
- todas las aguas subterráneas que presenten o pueden llegar a presentar concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/L.

Recientemente la Comunidad Autónoma de Andalucía ha establecido una serie de zonas vulnerables, en concreto 22, que se detallan en el Decreto 36/2008 de 5 de febrero ([BOJA 36, 20/2/2008](#)) y se observan en la Figura 4.



Fig. 4. Mapa de zonas vulnerables en Andalucía. Fuente: COAG (publicación)

#### 4.4.2. Fósforo

En general, nitrógeno, fósforo y carbono son los principales elementos contaminantes en el agua, y de entre ellos, el transporte de P resulta el de más fácil control [7], puesto que en nitrógeno y carbono no resulta controlable el intercambio entre la atmósfera y el agua, así como la movilidad del N en el flujo superficial y subsuperficial. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o volver al estado gaseoso por evaporación del amoníaco o desnitrificación. Asimismo, puede ser extraído de la atmósfera por determinados microorganismos o algas.

En general, el plancton tiene una relación atómica (o molar) C:N:P de 106/16/1 (relación de Redfield). En función de la relación atómica N:P en la masa de agua, será limitante uno u otro elemento. Si la relación es superior a 16, el P será limitante, y en caso contrario lo será el N. La citada relación puede presentar variaciones. Por ejemplo, Vollenweider [8] propuso una relación N:P igual a 9:1 para la eutrofización de lagos tropicales.

En numerosas ocasiones, el fósforo se constituye como el elemento limitante en los procesos de producción primaria. Cuando se agota todo el fósforo de la masa de agua, los demás nutrientes se encuentran en exceso. Todo nuevo aporte de fósforo al medio va a permitir un nuevo crecimiento vegetal.



Figura 5. Masa de agua eutrófica. Obsérvese el color verde proporcionado por las algas.

En los últimos años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos lagos y mares casi se han duplicado. La mayor parte les llega a través de ríos. En el caso del nitrógeno, destaca una elevada proporción (alrededor del 30%) que procede de la contaminación atmosférica. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

Cuando el aporte de fósforo es alarmante se produce la acumulación de este elemento en el interior de las algas, que lo utilizarán posteriormente para multiplicarse, produciéndose una proliferación vegetal excesiva. Este hecho convertirá en limitante al N, lo que puede provocar la aparición de algas cianofíceas en superficie capaces de fijar dicho elemento a partir del aire atmosférico.



#### 4.5. ¿Pueden las cubiertas contribuir a la mejora de la calidad de las aguas?

El manejo efectuado al suelo es una de las variables clave para determinar la pérdida de suelo, agua y nutrientes en los procesos de erosión-escorrentía [9]. Los olivares implantados en Andalucía se hallan en muchos casos situados en zonas de elevada pendiente, como demuestra el hecho de que el 36% de la superficie de este cultivo se encuentre en zonas con más de un 15% de pendiente [10].

Por otra parte, el olivo es un cultivo leñoso que en muchos casos otorga una escasa protección al suelo, habitualmente inferior al 35% en plantaciones tradicionales, aunque en los últimos años el incremento de rentabilidad de este cultivo respecto a otras alternativas ha propiciado su expansión en áreas más llanas y con marcos de plantación reducidos.

Asimismo, el clima mediterráneo, propio de la zona, se caracteriza por la presencia de dos periodos claramente diferenciados, el primero frío y húmedo, que concentra el 80% de las precipitaciones, y el segundo cálido y seco; así como por la ocurrencia de eventos tormentosos de alta intensidad y corta duración que pueden dar lugar a importantes pérdidas de suelo.

Como se ha indicado anteriormente, la principal causa de que los nutrientes alcancen las aguas superficiales son los procesos de erosión-escorrentía. Reducirlos no sólo podría, en principio, evitar la eutrofización sino también conservar la fertilidad del suelo. Por ello, es muy importante tomar medidas para reducir los procesos erosivos, especialmente en aquellas parcelas que no están niveladas. Una de las posibles medidas a adoptar es el mantenimiento del suelo mediante cubiertas herbáceas en los cultivos leñosos. Este hecho no excluye la realización de laboreo cuando se considere necesario (por apertura de grandes grietas, compactación del suelo o inversión de flora, entre otros casos). En todo caso, para luchar contra la pérdida de suelo en parcelas con pendiente, conviene evitar aquellas labores que dejan el suelo muy disgregado siempre que su realización no sea necesaria.

Sin embargo, debemos ser conscientes de que su utilidad en zonas llanas para la reducción de la pérdida de suelo no es de interés, y que pueden ocasionar problemas al agricultor por su más difícil manejo que el laboreo, compactación, inversiones de flora, etc. Asimismo, los costes de manejo pueden resultar superiores en muchos casos con el sistema de cubierta vegetal, especialmente si tienen lugar inversiones de flora. Por último, el agricultor puede requerir una maquinaria específica para su manejo con un elevado coste de adquisición. Debe, por tanto, adoptarse un enfoque integrado a la hora de resolver esta cuestión, para no causar perjuicios al agricultor.

##### 4.5.1. Algunos estudios realizados en Andalucía

En la comunidad autónoma de Andalucía se han realizado algunos ensayos de campo para evaluar el efecto del manejo de suelo sobre la pérdida de N y P. Los sistemas comparados son laboreo convencional (LC), no laboreo con suelo desnudo (NLS) y cubierta vegetal (CV). Se citan a continuación algunos de los resultados obtenidos (Tabla 2):

**Tabla 2. Ensayos de manejo de suelo realizados en Andalucía.** LC: laboreo convencional; CV: cubierta vegetal.

Autor	Sistemas comparados	Especie de cubierta	Dimensión de la parcela de ensayo	Abonado	Resultados	Comentarios
Repullo [11], Rodríguez-Lizana y col. [12]	LC, CV	Cebada	Anchura: 2.5 m Longitud: 10 m	50 UFN ha <sup>-1</sup> , 50 UFP ha <sup>-1</sup> , 50 UFK ha <sup>-1</sup>	La CV propició reducciones del 79% en la pérdida de N-NO <sub>3</sub> en solución, del 75% en P soluble, 65% en P extractable (Olsen) y 78% de P biodisponible	Plantones de 3 años, resultados de simulador
Gómez y col. [13]	LC, CV	<i>Lolium rigidum</i>	8x70 m <sup>2</sup> riego, siembra anual, bordes removibles	Abonado complementario a la cubierta vegetal: 40 UFN ha <sup>-1</sup>	Con CV se obtuvo una reducción del 55% en la pérdida (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en escorrentía) y del 97% (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en sedimento) respecto a LC. Con CV, aumento del 73% (pérdida de P soluble), y reducción del 94% (P en sedimento) respecto a LC.	Lluvia natural, parcelas con bordes removibles.
Ordóñez y col. [14]	LC, CV	Cubierta espontánea	Anchura: 1 m Longitud: 1 m	Sin abonado	Reducciones con CV de pérdida de P extractable (Olsen) del 41%, 73% y 96% en cada una de las parcelas ensayadas.	Lluvia natural. Ensayos en tres localidades. Coberturas a partir del 30% redujeron en gran medida la erosión. Olivar ecológico.
Rodríguez-Lizana y col. [15]	LC, CV	Cubierta espontánea	Anchura: 1 m Longitud: 1 m	Sin abonado	Reducciones con CV de un 8%, 33% y 37% en la pérdida de P soluble en cada una de las parcelas, pero las concentraciones de P soluble resultaron superiores en todos los casos con CV.	Lluvia natural. Ensayos en tres localidades. Olivar ecológico.
Rodríguez-Lizana y col. [16]	LC, CV	Cubiertas espontáneas (6 campos), cubierta de ballico (1 campo), cubierta de trigo (1 campo)	Anchura: 1 m Longitud: 1 m	Muy variable según parcela	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en escorrentía: reducción con CV de la pérdida (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en 6 de las 8 parcelas de entre el 23 y el 62%,. En las dos restantes se incrementó en un 5% y un 34%. P soluble: los resultados no son significativos. En 5 parcelas se redujo la salida de P soluble (con CV) entre un 7 y un 38%, pero en las 3 restantes se incrementó entre un 12 y un 66%. La concentración de P soluble suele aumentar con CV. P extractable: reducción media con CV del 59%.	Lluvia natural. Ensayos en 8 localidades. En parcelas fertilizadas, la mayoría de la pérdida total anual de nutriente ocurre en el evento que sigue al abonado. Por ello, por ello, si se practica labranza poco antes del abonado o tras éste, la pérdida será probablemente inferior con LC.
Francia y col. [17]	LC, CV y NLSD	Cebada	Anchura: 8 m Longitud: 22.5 m	Otoño: abono 15-15 a dosis de 453 kg ha <sup>-1</sup> . Primavera: 301.5 kg ha <sup>-1</sup> urea	Respecto a los nutrientes en solución, el uso de CV redujo la pérdida de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (un 64% respecto a LC y un 39% respecto a NLSD), pero apenas fue perceptible en el P-PO <sub>4</sub> (especialmente respecto a LC, con una reducción del 2%). El N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> fue un 26% superior con CV respecto a LC. En la pérdida asociada al sedimento, las CV redujeron la pérdida de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (98% respecto a LC y 99% frente a NLSD) y de P-PO <sub>4</sub> (70% respecto a LC y 92% frente a NLSD).	Lluvia natural
Durán y col. [18]	CV y suelo desnudo	Salvia y tomillo	Anchura: 4 m Longitud: 4 m	No se realizó abonado en la terraza	En escorrentía, las CV (tomillo y salvia, respectivamente) redujeron, un 53% y 48% las pérdidas de N-NO <sub>3</sub> , un 61% y 56% las de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y un 71 y 62% las de P. En sedimentos las reducciones fueron de 74% y 65% (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), 71% y 62% (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) y 72% y 67% (P). Se aplicaron fertilizantes al cultivo de mango 80 FN ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> , 85 kg P ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> and 260 kg K ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Ensayo realizado en terrazas de cultivos subtropicales. Pendiente: 214%.

Entre las incertidumbres actuales o cuestiones de interés, citamos las que siguen:

1. Las cubiertas vegetales pueden, en principio, reducir el transporte de nutrientes y contaminantes al disminuir la pérdida de agua y suelo y contribuir al mantenimiento de la fertilidad de los suelos. Sin embargo, suelen dar lugar en muchas ocasiones a un incremento en la concentración de P soluble, propiciado por la acumulación de P en superficie, que es desorbido por la corriente líquida.
2. Por otra parte, las cubiertas vegetales reducen habitualmente la pérdida de P en sedimento, que constituye una fuente eutrofizante a medio-largo plazo. Este hecho hace de especial interés conocer el comportamiento del P en sedimento en los embalses, y saber hasta qué punto el sedimento actúa como una trampa de fósforo en la que el P pueda o no quedar fosilizado de una forma más o menos definitiva [19], para aproximarnos al balance P sedimento-P solución.
3. Los resultados de los estudios citados no son concluyentes respecto al P (especialmente soluble), considerado como el principal elemento limitante para los procesos de eutrofización. En varias ocasiones se han cuantificados mayores pérdidas de P soluble con cubierta vegetal. Por otra parte, las franjas de hierbas reducen en la mayoría de los casos la pérdida de nutrientes asociados a sedimento.
4. Destaca el hecho de que en la totalidad de los citados estudios, con excepción del [13], no se produjo abonado diferencial con cubierta vegetal. Sin embargo, se recomienda una fertilización adicional de 50-75 UFN ha<sup>-1</sup> cubierta año<sup>-1</sup> (Vega, comunicación personal), así como de P y K cuando sea necesario, en las cubiertas de gramíneas sembradas al menos en los primeros años de vida del olivar. Ello supone una mayor aportación de N al sistema suelo-planta, potencialmente contaminante. Sería muy recomendable realizar estudios al respecto, máxime cuando en algunos casos se ha detectado un descenso en la producción (incluso abonando) por la competencia por nutrientes cubierta-cultivo. Los resultados obtenidos con una cubierta fertilizada para su crecimiento podrían en ocasiones invertir los obtenidos en los citados estudios.
5. Dado que el resultado de los experimentos depende en gran medida de la especie de cubierta utilizada, y que son minoría los agricultores que realizan una siembra de gramíneas, siendo habituales las cubiertas de malas hierbas espontáneas, pueden ser necesarios estudios en este sentido.
6. El comportamiento de las cubiertas vegetales en campo se puede ver muy afectado por problemas de compactación, que a veces no se contemplan en estos estudios de parcela, y pueden generar mayor escorrentía en el sistema de cubiertas. Este hecho puede ser de especial interés en el olivar de secano y años con escasa pluviometría, en los que el desarrollo de la masa vegetal sea muy escasa.

#### 4.6. Efecto del uso de plaguicidas

El uso de herbicidas en el olivar ha originado una gran preocupación en los últimos años por la repercusión que dichos herbicidas pueden tener en la salud de los consumidores, debido a su potencial alta movilidad en diferentes compartimentos como son el suelo y las aguas superficiales y subterráneas, algunas de las cuales son utilizadas para uso doméstico y otras para riego del propio olivar y de otros cultivos. Por otra parte, la naturaleza de muchos de los suelos de olivar, pobres en materia orgánica, favorece que se produzcan procesos de percolación o lixiviación de los agroquímicos que afectan a las capas freáticas. Además, el olivar en Andalucía se encuentra en un alto porcentaje en zonas de considerable pendiente (Tabla 3) lo que tras episodios de abundantes lluvias, lleva consigo unas escorrentías que pueden transportar importantes cantidades de herbicidas, especialmente si las lluvias se producen en un período corto de tiempo tras la aplicación del producto fitosanitario [20,21].

**Tabla 3. Distribución de explotaciones olivereras en Andalucía por pendientes. Consejería de Agricultura y Pesca [10]**

Pendiente	Superficie en hectáreas
< 7%	384.570 (26%)
7-15%	566.775 (38%)
15-30%	439.698 (30%)
> 30%	87.853 (6%)

Aunque el comportamiento óptimo del plaguicida implica su presencia en el lugar y momento apropiado, una vez que llega al suelo o la planta el plaguicida experimenta una serie de procesos (adsorción, arrastre, lixiviado, volatilización, etc.) que por una parte le restan eficacia, al disminuir su disponibilidad para la plaga a combatir, y por otra originan su presencia en lugares no deseados, con los consiguientes problemas medioambientales [20, 21]. Dos de los efectos secundarios más adversos son el proceso de percolación o lixiviado y el arrastre superficial o escorrentía por los que los plaguicidas llegan a las aguas subterráneas y superficiales convirtiéndose en fuentes de contaminación difusa, que son las más difíciles de remediar. Por otra parte, cuando estas aguas son utilizadas como aguas potables, la presencia de plaguicidas en ellas tiene una repercusión económica desfavorable en los procesos de potabilización [22], ya que según la Directiva de la CE sobre agua potable 2000/60 (DO L 327 de 22.12.2000), ningún plaguicida debe sobrepasar la concentración de 0.1 µg/l y la suma total de plaguicidas no debe superar la de 0.5 µg/l.

La presencia de plaguicidas en aguas superficiales y subterráneas de nuestro país es un hecho que se ha puesto de manifiesto en diversos estudios de monitorización de aguas [23-29]. El riesgo de contaminación de acuíferos se agrava cuando el empleo de plaguicidas es continuado en espacio y tiempo, como ocurre en zonas de monocultivos [30] y más aun cuando se aplican en ciertas prácticas agrícolas, como por ejemplo, el manejo de mínimo o no laboreo, que imponen un incremento en la utilización de productos fitosanitarios.

Un escenario de alto riesgo en nuestro país lo constituye el uso de herbicidas en el cultivo de olivar, que en los últimos años ha dado lugar a numerosos episodios de contaminación de embalses y acuíferos, causando problemas para el medio ambiente y la salud pública. Algunos ejemplos recientes de gran repercusión mediática y social lo constituyen el embalse José Toral en Sevilla, del Guadalteba en Málaga o los pantanos del Rumblar y Dañador en Jaén, en los que se han detectado herbicidas pertenecientes a la familia de las s-triazinas (simazina y terbutilazina) a concentraciones superiores a los límites establecidos, afectando al abastecimiento de agua potable de numerosos municipios y obligando a la implantación de caras medidas especiales para potabilizar el agua. Estos episodios de contaminación han derivado en la prohibición de uso en el olivar de herbicidas extensamente empleados como la simazina [31] y en restricciones cada vez más severas en el empleo de otros como diurón y terbutilazina [32]

En el verano de 2005, no obstante las restricciones de uso mencionadas, se detectaron residuos de terbutilazina y diuron en el pantano de Iznájar, en ausencia de las lluvias otoñales habituales. Descartándose el fenómeno de la escorrentía, pero considerando la evaporación por altas temperaturas, alto consumo y no aporte de aguas de lluvia, parece razonable pensar que ha habido una concentración de estos herbicidas y una desorción de los que se encontraban retenido en los sedimentos del pantano, que ha generado que estos herbicidas aparezcan en concentraciones superiores a las admitidas para aguas potables. En consecuencia, la Administración Andaluza ordenó la restricción del uso de estos herbicidas en zonas próximas a los pantanos y riberas de ríos, durante un año [33]. Finalmente, el uso de diurón ha sido recientemente prohibido [34].

En un estudio de monitoreo realizado hace unos años [35] sobre la presencia en aguas superficiales y subterráneas de herbicidas aplicados en el olivar en los años 2001-2003 y, que salvo con algunos saltos esporádicos, ha tenido continuidad hasta la actualidad, ha mostrado la presencia de herbicidas en concentraciones variables tanto durante el año como a lo largo de los años. La zona de estudio corresponde en su mayor parte a zonas casi de monocultivo y de pendientes de altas a medias, o sea, lo que podría llamarse el "worst-case scenario". Los herbicidas analizados fueron: simazina (Sim), desetil simazina (DSi), atrazina (Atr), terbutilazina (Ter), desetilterbutilazina (DTe) y diurón (Diu).

En primer lugar observaremos (Fig. 6) la evolución de un punto a lo largo del año y en diversos años. El muestreo en el río Guadalquivir, de la zona de Montoro se corresponde con aportes de pequeños ríos o arroyos cercanos a terrenos de olivar con pendiente alta o mediana. La presencia de herbicidas muestra una variedad estacional con picos altos coincidentes con las lluvias posteriores a la época de aplicación para la recogida, fundamentalmente a final de año, y con altas lluvias. Las concentraciones de terbutilazina y diurón llegaron a alcanzar valores superiores a 3 ppb (de 10ppb en 2002).

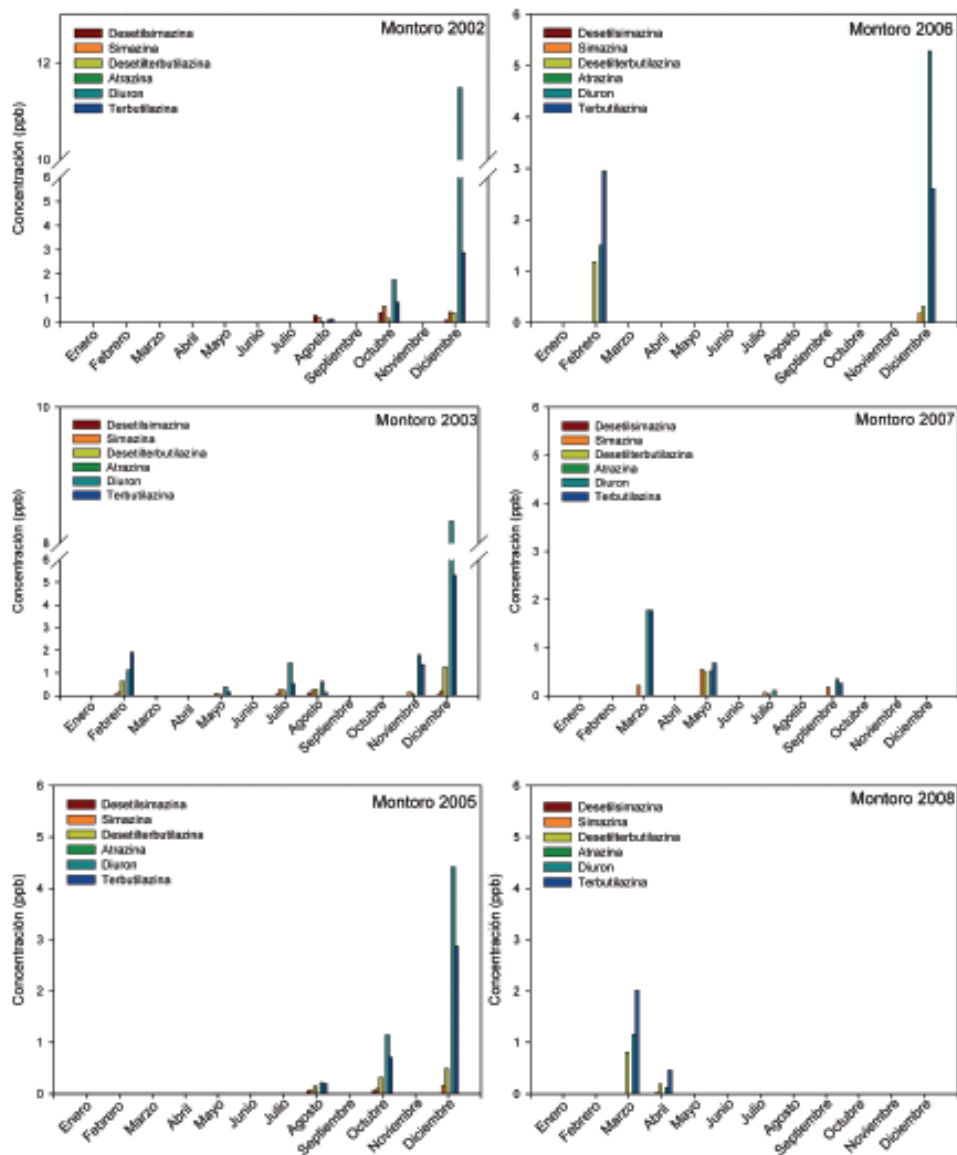


Figura 6. Concentraciones de herbicidas en aguas del Río Guadalquivir a su paso por Montoro (Córdoba)



Figura. 7. Río Guadalquivir en Montoro (Córdoba)

Siempre se ha observado una mayor proporción de Diurón que de Terbutilazina y Simazina, dada su mayor persistencia y dosis de aplicación. En todos los casos la mayor parte de las muestras están por debajo de 1ug/l, lo que supone un valor de hasta diez veces superior al aceptado para aguas potables, aunque algunos puntos y años “calientes” muestran valores mas altos, casi siempre coincidiendo simultáneamente con periodo de aplicación, lluvias abundantes y en zonas de alta densidad de olivar y alta pendiente.

En aguas subterráneas el comportamiento es algo más errático, observándose en este caso presencia de metabolitos, principalmente de la terbutilazina. Debemos señalar las altas concentraciones encontradas de diurón y terbutilazina en la fuente de Mancha Real (Fig. 8 y 9), una zona de densidad especialmente alta de olivar, si bien en los últimos años estas cantidades han ido disminuyendo



Figura 8. Fuente en Mancha Real (Jaén)

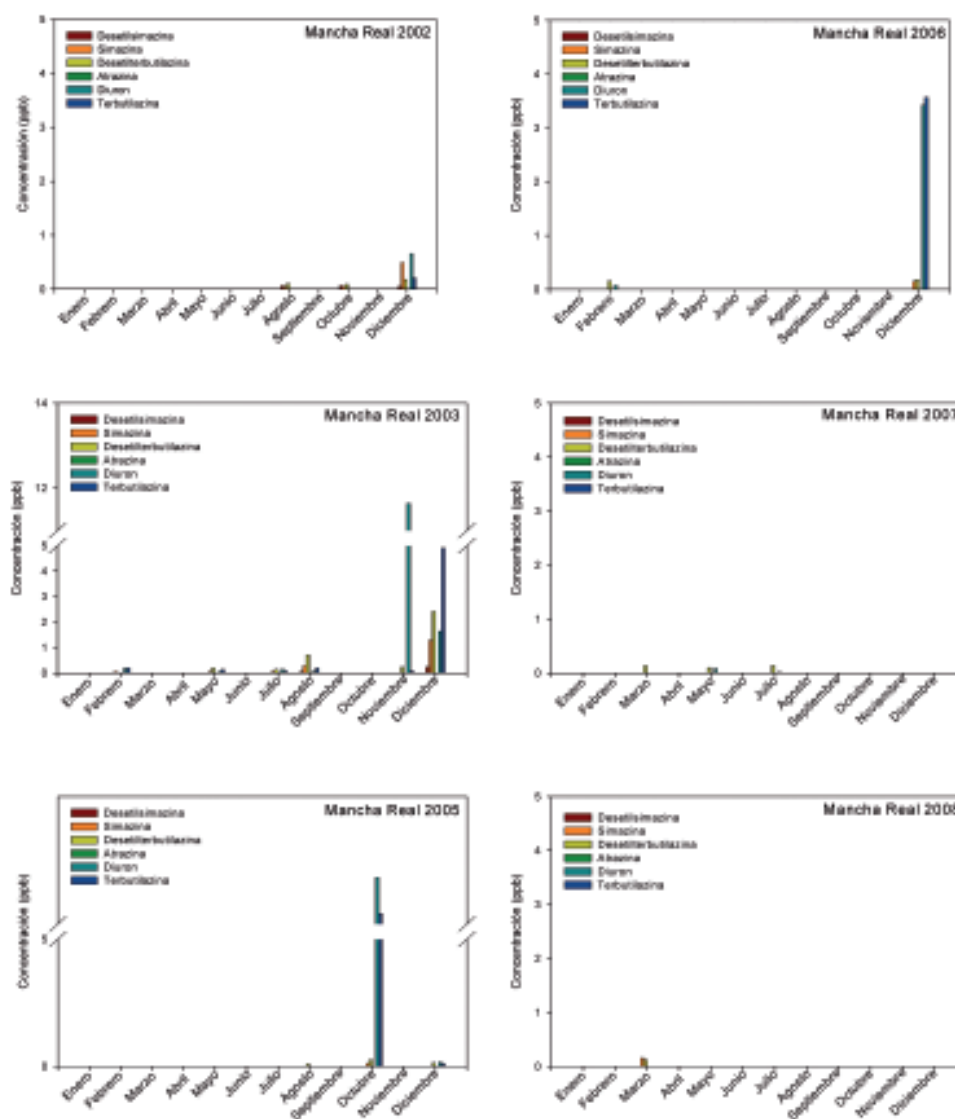


Figura 9. Concentraciones de herbicidas en aguas subterráneas de Mancha Real (Jaén) .

Cuando se observa la evolución de los valores medios de las concentraciones a lo largo de todos estos años de seguimiento, tomando el mes de diciembre como comparación, tanto en aguas superficiales SF (Montoro) como en subterráneas SB (Mancha Real), se observa que en todos los casos éstas han ido disminuyendo considerablemente (Fig. 10, 11). Si tenemos en cuenta que la superficie de olivar, según datos suministrados por la CAP, no ha variado



sustancialmente, y considerando el cambio de una gran parte de esta superficie a olivar intensivo o semiintensivo, el efecto descrito anteriormente hubiera sido el contrario, de no haberse cambiado las prácticas de aplicación de plaguicidas

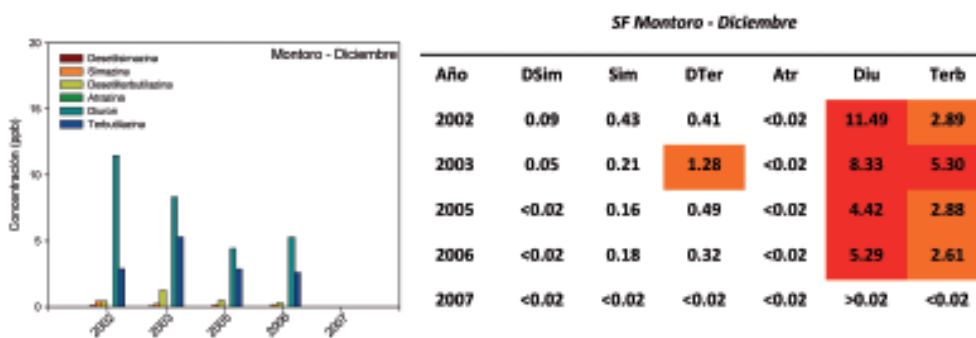


Figura. 10. Representación gráfica y valores de concentraciones de herbicidas (ppb) en el lugar y fecha indicados.

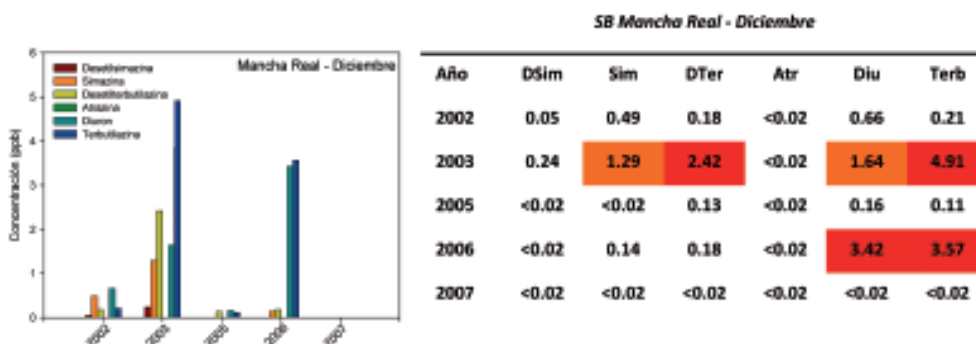


Figura. 11. Representación gráfica y valores de concentraciones de herbicidas (ppb) en el lugar y fecha indicados

De cualquier forma, tengan el origen que tengan, los procesos que afectan a los contaminantes en el medio son los mismos, y llegan a las aguas superficiales por lluvia y arrastre y a las subterráneas por percolación, pero en el camino son afectados por otros procesos que los retienen como la adsorción-desorción en coloides minerales u orgánicos y otros que los transforman por vía química, fotoquímica o biológica. El conocimiento profundo y preciso de estos procesos es lo que permite diseñar estrategias de prevención, minimización y corrección de la contaminación de las aguas. Todo lo que ayude a incrementar los procesos de adsorción y degradación, disminuye la cantidad de contaminante en el medio disponible para el transporte, teniendo presente que estos procesos pueden verse afectados positiva o negativamente mediante el manejo del suelo.

Tradicionalmente, el manejo del suelo del olivar se basa en el pase de distintos aperos a lo largo del año, lo cual altera drásticamente la capa superior del suelo y tiene como consecuencia inmediata el aumento de la pérdida de suelo por escorrentía o erosión. Por estas razones, desde mediados de los ochenta, se ha ido comprobando las ventajas del semi-laboreo y posteriormente del no laboreo o mínimo laboreo sobre el laboreo tradicional en el rendimiento de las cosechas, incluido el olivar. El uso de cubiertas, como se ha indicado anteriormente, aparece en la actualidad como una alternativa efectiva para el control de la erosión y la escorrentía, habiéndose ensayado diferentes tipos de cubiertas vivas como cereales, leguminosas, malas hierbas, etc. [36-38]. Se han desarrollado técnicas de conservación para proteger la calidad del suelo mediante el establecimiento de cultivos de cubiertas vegetales entre las hileras de los olivos [38-41]. Existe ya evidencia científica sobre la conveniencia de la aplicación de ciertos residuos orgánicos del propio olivar [42,43] o componentes del propio suelo, naturales o modificados, [44] al suelo o unidos al herbicida pueden contribuir a minimizar sus impactos no deseados. Por otro lado, también conocemos que el laboreo de conservación favorece los procesos de retención y degradación de herbicidas como la trifluralina [45] o atrazina y metolaclo [46] frente al laboreo tradicional.

El manejo de los suelos de olivar con cubierta vegetal o con restos de poda en franjas se propone como una vía sostenible para proteger la calidad del suelo, reducir su erosión y el riesgo de contaminación de las aguas superficiales por arrastre de los residuos de herbicidas. Los mecanismos que rigen el destino de estos herbicidas están relacionados con el tipo de suelo [30,47-50], cubierta vegetal establecida [51,52] factores del medio externo como eventos de lluvia [24], etc. y por las propias características de los herbicidas [53]. Sin embargo, son escasos los conocimientos actuales en torno a los procesos que determinan su persistencia en el suelo y su transporte a las aguas en estos sistemas de manejo. En todo caso puede ayudarnos a solucionar este problema los estudios sobre comportamientos de herbicidas en suelos bajo laboreo de conservación y tradicional [45,46,50].

Existe un moderado conocimiento sobre el papel de los restos de poda en las propiedades del suelo [54] pero es escasa la información sobre su repercusión en la biodisponibilidad de los residuos de los herbicidas. También es de interés conocer el estado actual de la calidad de los suelos en los diferentes escenarios del olivar [55]. Además, tampoco se conoce el papel de la hoja caída de copa o la influencia de la cubierta (restos de poda triturados y cultivo vegetal) en la adsorción e incorporación de estos residuos de herbicida al suelo.

Podríamos concluir que el problema de la presencia de agroquímicos en aguas superficiales y subterráneas es debido tanto a sus características moleculares como también, a diversos factores como son: climático (mediterráneo), época de aplicación (lluvias), tipo de suelo (pobres en MO) y manejo de los mismos (laboreo, cubiertas, etc.), pendiente, manejo de los agroquímicos (dosis y forma de aplicación), etc. Aunque se ha avanzado bastante en minimizar los efectos no deseados del manejo de los fitosanitarios, se puede avanzar en el conocimiento que permita una mejora sustancial en el uso sostenible de los mismos.

Para abordar las soluciones a estos problemas habría que realizar un gran esfuerzo multidisciplinar que conllevara las siguientes actuaciones:

- \* Profundización en los procesos del sistema agua-suelo-planta, fundamentalmente micro-biológicos y biotecnológicos
- \* Diseño y desarrollo de tecnologías fitosanitarias basadas en procesos naturales: alelopáticas, simbiosis, parasitismo, transmisores o vectores...etc.
- \* Nuevos principios activos con menores dosis y menores tiempo de persistencia, o persistencia "controlada"
- \* Nuevas tecnologías de aplicación de fitosanitarios más dirigidas y localizadas incluyendo maquinaria de aplicación
- \* Manejos de cultivo ligados a prácticas de Ecocondicionalidad (cubiertas vegetales, producción integrada, enmiendas con residuos orgánicos y uso de formulaciones de liberación controlada)
- \* Nuevos métodos rápidos de detección
- \* Nuevos procedimientos de depuración y potabilización

#### AGRADECIMIENTOS:

J.Cornejo y MC Hermosin agradecen a SYNGENTA AG por financiar el estudio de monitoreo de herbicidas y la estrategia de muestreo en los años 2002-2004 y a la Junta de Andalucía por la concesión del proyecto de excelencia P06.AGR-01565, así como a los técnicos MJ. Calderón, J. Belderrain, M.Real y F.Bruna. R. Ordóñez y A. Rodríguez-Lizana agradecen a la Junta de Andalucía la concesión del proyecto de excelencia RNM- 03205.

#### 4.7. Referencias

1. Directiva Marco del Agua. Informe de los artículos 5 y 6. [www.chguadalquivir.es/chg/opencms/phcuenca/contenido.htm](http://www.chguadalquivir.es/chg/opencms/phcuenca/contenido.htm)
2. RedAgrícola. Edición N° 6. [www.redagricola.com](http://www.redagricola.com) (2008)
3. Ministerio de Medio Ambiente, 2005. Perfil Ambiental. [http://www.mma.es/portal/secciones/calidad\\_contaminacion/indicadores\\_ambientales/perfil\\_ambiental\\_2005/](http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2005/)
4. Ministerio de Medio Ambiente. Explotación de la red integral de calidad de aguas. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Seguimiento del estado de eutrofia de los embalses en las zonas vulnerables. Campaña 2006. 134 pp. (2006)
5. Ministerio de Medio Ambiente. Explotación de la red integral de calidad de aguas. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Seguimiento del estado de eutrofia de los embalses en las zonas vulnerables. Campaña 2007. 143 pp. (2007)
6. P. M. Neumann, N Snir, *International water&irrigation review*. **15** (4) 19-20. (1995)
7. A.N. Sharpley, R.H Foy, P.J.A Withers, *J. Environ. Qual.* **29**,1-9. (2000)
8. R.A Vollenweider. Eutrophication. *Notes distributed during the II Meeting of the Regional Project on the eutrophication of Tropical lakes.* (1983)
9. J.A Catt, K.R Howse, R Farina, D Brockie, A. Todd, B.J. Chambers, R Hodgkinson, G.L Harris, J.N Quinton. *Soil Use Manage.* **14**, 168-174.( 1998)
10. Consejería de Agricultura y Pesca. El olivar andaluz. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 2003
11. M. Repullo. Estimación de las pérdidas de nutrientes por escorrentía en olivar. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba. (2008)

12. A Rodríguez-Lizana, R Ordóñez-Fernández, M Repullo, R Carbonell, I Llanos, F Márquez.. Calidad de las aguas y agricultura de conservación. Ensayos de simulación. Ed: AEAC/SV. Córdoba. 2008
13. J.A Gómez, J.V. Giráldez, E. Fereres, 2007. Cover crop effects on soil conservation in olive orchards. Actas de la reunión anual de la European Geophysical Union, Viena. 16-20 de Abril de 2007.
14. R Ordóñez, A Rodríguez-Lizana, A.J. Espejo-Pérez, P. González, M. Saavedra, *Eur. J. Agron.* **27**, 144-153. (2007)
15. A Rodríguez-Lizana, R Ordóñez, A.J Espejo-Pérez, P González, *Water, Air, Soil Pollut.* **181**, 17-34(2007a).
16. A Rodríguez-Lizana, R Ordóñez, A. J Espejo-Pérez, P. González, E. González. La cubierta vegetal y su incidencia en los procesos de contaminación por nitratos y fósforo en aguas de escorrentía en parcelas ecológicas y convencionales. (In A. Rodríguez-Lizana, R. Ordóñez & J. Gil (Eds.), *Cubiertas vegetales en olivar* (pp. 159-168). Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca). 2007b
17. J. R Francia., V. H Durán, A Martínez, *Sci. Total Environ.* **358**, 46-60.( 2006)
18. V.H Durán, A Martínez, J Aguilar, *Water, Air, Soil Pollut.* **153**, 355-373 (2004).
19. Margalef R. 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona.
20. J Cornejo y P Jamet, *Pesticide-Soil Interactions: Some Current Research Methods* (Cornejo J Jamet P eds.) INRA (Paris), 2000, 479p.
21. J Alvarez-Benedi, R Muñoz Carpena. Soil-Water solute process Characterization. An Integrated Approach. CRC Press .Boca Ratón. Florida. 2005. 778p.
22. C Anselme, A Bruchet, J. Mallevalle Influence and Removal of Organics in Drinking Water. (Eds., J.P. Duquet y J. Mallevalle), Lewis Publishers, Chelsea1992.
23. Y Picó., .C Molto J., M.J. Redondo F., Viana J Manes., G Font. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* **53**, 230-237(1994 )
24. M Sánchez-Camazano., M.J Sánchez-Martín .*Toxicol. Environ. Chem.* **47**, 203-208 (1995).
25. A., Pérez-Ruzafa S., Navarro A Barba., C., Marcos M.A Camara., F Salas., J.M Gutierrez.. *Marine Pollut. Bull.* **40**, 140-151(2000).
26. A Garrido Frenich, JL Martínez Vidal, MC Pablos Espada. *Phytoma España* **129**, 75-77(2001).
27. R Carabias-Marínez, E Rodríguez-Gonzalo., M.E., Fernández-Laespada L Calvo-Seronero., F.J. Sánchez-San Román . *Water Res.* **37**, 928-938 (2003)
28. A Belmonte Vega, A Garrido Frenich , JL Martínez Vidal *Analytica Chimica Acta* ,**538**,117-127(2005).
29. MC Hermosín. La contaminación de las aguas en España: origen. Situación y principales retos. En "La gestión sostenible del agua y los fitosanitarios" Expo Agua. Zaragoza, Septiembre 2008.30. MJ Calderón, M, Ortega MC Hermosín, J., García-Baudín, J Cornejo *Chemosphere* **54**,1-8 (2004).
31. M.A.P.A. 2002 Resolución de 8 de Agosto de 2002, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
32. M.A.P.A. 2003 Resolución de 8 de Agosto de 2003, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
33. C.A.P-J.A. 2005 Resolución de 22 de Julio de 2005, Consejería de Agricultur y Pesca. Junta de Andalucía.

34. Diario Oficial de la U.E de 16.06.2007. Decisión sobre retirada de la autorización para comercializa diurón
35. J. Cornejo. La degradación de herbicidas en el ambiente del olivar. 1º Workshop sobre Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía. ETSIAM, Córdoba. 2006
36. M.M Saavedra, M Pastor V Vega. Uso de herbicidas en la formación de cubiertas vegetales con crecimiento reducido en olivar. ITEA, **65**,35-44(1996)
37. M Pastor , A .Guerrero, Acta Horticulture, **286**,283-286 (1990).
38. J. Castro Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas. Tesis Doctoral. Univ. Córdoba(1993)
39. M. Pastor, J Castro, V. Vega, , M.D Humanes. Sistemas de manejo del suelo: En: El cultivo del Olivo. D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (eds.). ISBN 84-7114-707-6. 2000 pp 198- 236 Mundi-Prensa y Consejería de Agricultura y Pesca.
40. J Castro. Manejo de suelo y cubiertas vegetales en olivar En: Guía de Agricultura de Conservación en el Olivar: Cubiertas Vegetales ISBN 84-607-0940-X . 2000,pp 8-19 Ed. Asociación Española de Agricultura de Conservación / Suelos Vivos. Córdoba
41. E . de Luna. Protección del suelo contra la erosión en el cultivo del olivo. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. España (1994).
42. L. Cox A Cecchi, R Celis. M.C Hermosin, WC Koskinen, J Cornejo. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, **65**, 1688-1695 (2001).
43. A, Albarran,R Celis, MCHermosin, A,Lopez-Piñeiro, JJOrtega-Calvo, J, Cornejo. *Soil Use & Management*, **19**,150-156(2003).
- 44 R.Celis., Cox, L., Hermosin, M.C., Cornejo, J. . *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **65**,245-260(1996). 45. MJ Calderón, MC., Hermosin J Cornejo, F Moreno. Movilidad de trifluralina en laboreo tradicional y de conservación. En "Estudios de la Zona No Saturada" Tenerife, 1999, 83-88.
46. MJ Calderón, I Castro, J, Belderrain A, López Piñeiro A Albarrán J.Cornejo Comportamiento de herbicidas en suelos bajo laboreo tradicional y de conservación.En "Congreso Internacional de Agricultura de Conservación", Córdoba, 2005,203-208
47. MC Hermosin. J Cornejo. *Soil Science*.**144**,,250-256 (1987)
48. GC Dios, E Romero , F Sánchez-Rasero. *Soil Science*. **150**, 836-843(1990).
49. E Romero, GC Dios, M, Barifouse F áncchez-Rasero. APeña H ,GC de la Colina, *J. Environ. Qual.*, **26**,446-471(1997).
50. L., Cox M.J Calderón, MC Hermosín, J Cornejo. *J.Environ.Qual.*,**28**,,605-610(1999).
51. J. Castro, E. de Luna, C. Rodríguez, P. Galindo, C. Navarro. Prácticas agronómicas compatibles con el entorno natural: cubiertas vegetales, uso de herbicidas y fertilización nitrogenada. Expoliva 2005. Jaén. España.
52. E de Luna , P, Galindo MJ Polo ,C.Navarro . Dinámica de herbicidas remanentes en parcelas de erosión con distintos sistemas de manejo. Expoliva 2005. Jaén. España.
53. RE Franklin, VL Quisenberry, BJ Gossett ,EC Murdock. *Weed Technology*, **8**,6-16.(1994)
54. R Ordóñez, FJ Ramos, P, González M Pastor , JV Giradles. Influencia de la aplicación de restos de poda de olivo sobre las propiedades físico-químicas de un suelo de olivar. En: Temas de investigación en zona no saturada. J.J. López y M. Quemada. (eds.) Pamplona. 2001
55. E Benítez, R Nogales, M Campos, F Ruano. *Applied Soil Ecology*, **32**,226-231(2006).

## CAPÍTULO 5: OLIVAR Y BIODIVERSIDAD

**Jesús Duarte Duarte<sup>1</sup>, Mercedes Campos Aranda<sup>2</sup>, José Ramón Guzmán Álvarez<sup>3</sup>,  
Guy Beaufoy<sup>4</sup>, Miguel Angel Farfan Aguilar<sup>5</sup>, Belén Cotes Ramal<sup>6</sup>, Emilio Benítez León<sup>7</sup>,  
Juan Mario Vargas Yáñez<sup>8</sup>, Joaquín Muñoz-Cobo Rosales<sup>9</sup>**

1 BioGea Consultores. Navarro Ledesma 243. 29010 Málaga. jddbigea@gmail.com

2 Estación Experimental del Zaidín. CSIC. C/ Profesor Albareda N° 1. 18008 Granada mercedes.campos@eez.csic.es

3 Dpto. Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. ETS Ingenieros Agrónomos y de Montes. Campus Universitario de Rabanales.

Edificio Paraninfo, 3ª planta, ala derecha. 14 071 Córdoba ramonguzman@uco.es

4 Foro Europeo sobre Conservación de la Naturaleza y Pastoralismo. Teodoro Perianes 4. Cuacos de Yuste. 10430 Cáceres. gbeaufoy@terra.es

5 BioGea Consultores. Navarro Ledesma 243. 29010 Málaga mafarfan@biogea-consultores.com

6 Estación Experimental del Zaidín. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, (CSIC) C/ Profesor Albareda N° 1 18008 Granada belen.cotes@eez.csic.es

7 Estación Experimental del Zaidín. CSIC. C/ Profesor Albareda N° 1  
18008 Granada. emilio.benitez@eez.csic.es

8 Dpto. Biología Animal. Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias Campus de Teatinos. 29071 Málaga jmv@uma.es

9 Dpto. Biología Animal, Vegetal y Ecología. Universidad de Jaén. Edificio B-3. Paraje las Lagunillas S/N. 23071 Jaén. jmcobos@ujaen.es

### Índice

<b>1. EL CONCEPTO DE BIODIVERSIDAD.</b> Jesús Duarte y Miguel Ángel Farfán	.....
<b>2. LA BIODIVERSIDAD DEL OLIVAR: RELACIÓN CON SUS MANEJOS TIPOLOGÍAS</b>	
<b>2.1. Producción en el olivar y biodiversidad.</b> José Ramón Guzmán	.....
<b>2.2. Microbiota.</b> Emilio Benítez	.....
<b>2.3. Vegetación.</b> Jesús Duarte y Miguel Ángel Farfán	.....
<b>2.4. Invertebrados (artrópodos).</b> Mercedes Campos	.....
<b>2.5. Vertebrados: aves.</b> Joaquín Muñoz-Cobo	.....
<b>2.6. Vertebrados: mamíferos, reptiles y anfibios.</b> Jesús Duarte, Miguel Ángel Farfán y J. Mario Vargas	.....
<b>3. LOS DIFERENTES TIPOS DE OLIVARES ACTUALMENTE EXISTENTES Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA EN ANDALUCÍA.</b> José Ramón Guzmán	.....
<b>4. LA INTENSIFICACIÓN DEL OLIVAR Y SU PROBLEMÁTICA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD.</b> Guy Beaufoy.	.....
<b>5. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD EN LOS OLIVARES. EJEMPLOS PRÁCTICOS Y ESPECIES BIOINDICADORAS.</b>	.....
<b>5.1. Especies indicadoras en el olivar.</b> Belén Cotes y Mercedes Campos	.....
<b>5.2. Gestión del hábitat aplicada a vertebrados en el olivar.</b> Jesús Duarte, Miguel Ángel Farfán y J. Mario Vargas.	.....
<b>6. REFERENCIAS</b>	.....

## 1. El concepto de biodiversidad

La idea intuitiva de biodiversidad se corresponde con la del conjunto de especies diferentes que pueblan el planeta. Actualmente se estima que se conocen aproximadamente 1,4 millones de organismos vivos, de los cuales la mayoría son artrópodos (52%). El resto serían: otros animales, incluidos los vertebrados (20%), plantas (18%), hongos (5%), organismos unicelulares protistas (3%), algas (1%), bacterias (<1%) y virus (<1%). Sin embargo, resulta desconcertante el hecho de que se crea que aún faltan por conocer otros cinco millones más [1], la mayoría artrópodos y organismos unicelulares sencillos.

Pero lo cierto es que el concepto de biodiversidad es algo más que una amplia lista de seres vivos. Primack [2] define biodiversidad como la *variedad, variabilidad y complejidad ecológica existente entre los organismos vivos*. Esta definición implica la existencia de tres niveles de biodiversidad. El primer nivel acogería a la *diversidad biológica* o idea intuitiva del concepto. El segundo nivel se adentra en una escala más fina, e incluiría la *diversidad genética* o variabilidad existente dentro de los individuos de cada especie. Finalmente, el tercer nivel o *diversidad de comunidades*, implicaría la diversidad de ecosistemas existentes, de relaciones con el hábitat, de niveles tróficos e interacciones entre los organismos que los componen.

En el caso del olivar estos tres niveles están claramente representados. Por una parte, el olivar constituye una comunidad de seres vivos. El máximo exponente es el olivo, pero existe una amplia variedad de plantas, insectos, vertebrados y microorganismos que lo acompañan. Lógicamente dentro de esta biota existe una gran variabilidad genética, responsable de garantizar la supervivencia y el éxito biológico de la comunidad. Además, es responsable de la amplia panoplia de variedades de aceites y aceitunas existentes. Finalmente, no hay dos olivares iguales. Manejos y geografía influyen en que cada agrosistema de olivar sea ecológicamente diferente, por composición de especies, de estructura de la comunidad, de relaciones entre las especies y de matices de hábitat. Por último, el olivar no sería tal sin el hombre. Los usos y tradiciones y la propia actividad agrícola son parte inherente de este cultivo y forman parte también de su biodiversidad.

## 2. La biodiversidad del oliver: relación con sus manejos tipologías

### 2.1. Producción en el olivar y biodiversidad

Desde una perspectiva clásica productiva, las especies naturales acompañantes a los cultivos han sido ignoradas o calificadas como organismos nocivos para su adecuado desarrollo. Sólo algunas pocas especies han sido objeto de especial atención, mayoritariamente por su utilización con fines gastronómicos, condimentarios, medicinales, cinegéticos o ligados al esparcimiento. En contrapartida, la agricultura, como actividad basada en la simplificación de los ecosistemas naturales [3], ha volcado sus esfuerzos en unas decenas de especies que han sido objeto de una selección a menudo milenaria [4].

El proceso de simplificación de los ecosistemas ha alcanzado sus máximas cotas en la agricultura moderna. En su límite extremo, las explotaciones intensivas adquieren rasgos de instalaciones industriales, conservando unos vínculos muy tenues con los ciclos locales de nutrientes y energía. La agricultura tradicional, por el contrario, estaba estrechamente ligada al medio ambiente y su funcionamiento estaba determinado en gran medida por los ciclos de regulación interna (a escala de parcela o sitio) del ecosistema [5]. Hemos de puntualizar, en cualquier caso, que este proceso de modernización no es propio en exclusividad de la agricultura: se enmarca dentro de la tendencia generalizada de las actividades productivas a integrarse en ciclos y procesos cada vez más abiertos y desconectados del medio ambiente y los recursos naturales locales<sup>1</sup>.

El cultivo del olivo no ha sido una excepción y también ha experimentado este proceso de autonomía productiva. Sin embargo, cuenta con una particularidad: su relativamente tardía incorporación a este proceso de modernización [6, 7, 8]; de hecho, todavía conviven en el mismo espacio geográfico ejemplos de la olivicultura tradicional con modalidades de olivicultura superespecializada, en un gradiente de estilos rico en matices.

Conviene tener presente que el concepto de biodiversidad (entendida como la variabilidad dentro de los organismos vivos en sus diferentes expresiones, individuos, especies y ecosistemas) es relativamente reciente e incluye los mismos elementos (fauna y flora) que durante milenios han compartido el espacio con el cultivo del olivo y que desde la óptica del productor son objeto de valoración en función de su relación antagonista, facilitadora o neutra con el olivo. Por el contrario, la sociedad de finales del siglo XXI ha asignado una serie de valores a la biodiversidad (ya sean ligados al uso y, por consiguiente, potencialmente cuantificables económicamente, o desvinculados de todo carácter utilitario) que permiten contemplar estos mismos elementos desde otros puntos de vista. Igualmente, se ha comenzado a reconocer el papel de la biodiversidad sobre la sostenibilidad ecológica y económica de las producciones agrarias [9, 10, 11]. También hemos de tener en cuenta que la gran amplitud del término biodiversidad origina importantes problemas metodológicos, puesto que diferentes organismos y grupos de organismos responden de modo distinto ante modificaciones en el medio ambiente.

Dos ópticas distintas, pero que no han de ser entendidas como excluyentes o enfrentadas. Porque pese a que la agricultura implica impactos y alteraciones sobre los ecosistemas naturales [12], como toda actuación humana, la relación del agricultor con la flora y fauna asociada no se fundamenta exclusivamente en el principio de exclusión, sino también en otros como el de tolerancia, mutualismo o indiferencia. Las actuaciones de exclusión implican una incorporación de energía al sistema (ya sea en forma de trabajo manual o mecánico o empaquetada en los enlaces de productos químicos de síntesis) que será evaluada atendiendo principalmente a criterios de rentabilidad económica, pero también a razonamientos de base cultural. Por ello, no existe un único modelo de relación de la agricultura (y, en concreto, de los agricultores) con la biodiversidad, sino que depende de muchos factores, tanto contextuales (entorno socioeconómicos) como particulares (educación y afinidades del agricultor, circunstancias personales, etc.).

---

<sup>1</sup> Autonomía ficticia, puesto que todas las actividades productivas están sujetas a un único ecosistema global de escala planetaria.



En el caso concreto del olivar, la diversidad de este cultivo en Andalucía y su dilatada historia [6] dan lugar a un amplio abanico de posibilidades de relación con el medio ambiente [12] y, en particular, con la biodiversidad. Es posible, sin embargo, proponer una hipótesis de partida corroborada en otros cultivos [13, 14]: conforme mayor es el grado de intensificación productiva, menor es la riqueza y variedad de la flora y fauna asociada.



Figura 3. Olivar con máxima cobertura de vegetación. Autor. Jesús Duarte.



Figura 4. Olivar con calles sin arar y vegetación dispersa. Autor Jesús Duarte.



Figura 5. Olivar de montaña con calles limpias de vegetación. Autor Jesús Duarte.

En un extremo del gradiente se sitúan las plantaciones con densidades intensivas y superintensivas, pero también las plantaciones de marco tradicional ubicadas en las campiñas y colinas margosas del área de mayor extensión del monocultivo olivarero al sur la Depresión del Guadalquivir cuyo sistema de cultivo se caracteriza todavía por tener el suelo completamente desnudo la mayor parte del año y controlar de modo sistemático y según calendario las plagas y enfermedades. El olivo es la única especie con presencia ostensible en el terrazgo hasta el punto de que en numerosas localidades recibe el apelativo genérico de "planta". Los demás elementos del reino vegetal, ya sean especies leñosas o especies herbáceas, están proscritos en este modelo de cultivo, siendo eliminados mediante labores periódicas específicas (laboreo del suelo o aplicación de herbicidas) con el objetivo de reducir la competencia. Desde el punto de vista ecológico, el resultado final es un agrosistema simplificado hasta el máximo extremo (un soporte de suelo desnudo y un reticulado de árboles esquinados). Este agrosistema está caracterizado por la presencia de una flora adaptada a la perturbación periódica y una fauna que guarda estrecha relación con el arbolado y su ciclo fenológico o con las especiales condiciones edáficas. La biodiversidad asociada debe estar adaptada al régimen de perturbaciones a que están sometidos todos los estratos (subterráneos y aéreos) del cultivo. La mayor o menor intensidad en la utilización de los medios de producción (tipos y dosis de fertilizantes y agroquímicos, número de pases de labor y apero utilizado, etc.) amplía o reduce lógicamente el impacto del cultivo sobre la fauna y flora asociada. Este sistema de cultivo responde a criterios económicos, de facilidad de manejo y de disponibilidad de conocimiento: en los últimos años está siendo objeto de una profunda revisión tanto desde el ámbito de la ciencia [15, 16] como desde el administrativo (normativa ligada a la condicionalidad, medidas agroambientales, etc.).

En el otro extremo del gradiente se sitúan los olivares con sistemas de manejo que permiten la coexistencia del olivo con otros elementos de la fauna y flora. Esta biodiversidad se puede expresar a escala de paisaje (en el caso, por ejemplo, de los olivares que forman parte de un mosaico de cultivos y vegetación natural) o de parcela. Por otro lado, los sistemas de

manejo pueden incluir entre sus objetivos la conservación o fomento de la biodiversidad, por lo que es posible diferenciar entre estilos y prácticas productivas que fomenten de modo consciente la biodiversidad (olivicultura ecológica, producción integrada) y otros modos de producción que implican su fomento o conservación de manera fortuita o no conscientemente perseguida, como consecuencia del propio manejo (olivares de baja producción, olivares adeshados).

¿Es posible compatibilizar la actividad productiva en el olivar andaluz con la conservación y mejora de su biodiversidad? Esta pregunta, en realidad, está mal formulada, porque la hipótesis a falsear es si es posible mantener el cultivo del olivar de la forma en que mayoritariamente se lleva a cabo, desligado completamente de los procesos de regulación naturales y de la propia biodiversidad local. Hasta hace poco años hemos vivido en el escenario de una agricultura basada en la incorporación de nutrientes y energía externos sin aparente limitación de las fuentes de aprovisionamiento. Estas nos son las coordenadas del momento actual y, presumiblemente, tampoco lo serán en el próximo futuro. Por consiguiente, a las razones de índole ecológica se le sumarán progresivamente otras de contenido económico (la imposibilidad de seguir produciendo del modo como se ha venido haciendo hasta ahora) e, incluso, morales.

Aunque algunos olivares se especializarán en la producción de biodiversidad (por ejemplo, los olivares abandonados sometidos a gestión cinegética), cada olivar en concreto deberá plantear su modo particular de relación con la biodiversidad de modo que no sólo sea posible compatibilizar su conservación con el resultado económico, sino que llegue a mejorar éste.

No obstante, hemos de dejar constancia también del carácter difuso del concepto biodiversidad. Probablemente sea más sensato considerarlo como un desideratum o un paradigma, en lugar de sacralizarlo en exceso, ante las dificultades que surgen en su definición y medición. La recomendación general sería, por consiguiente, realizar prácticas de manejo que eviten en la medida de lo posible cualquier afección innecesaria hacia los recursos naturales y la flora y fauna que comparte el espacio con el cultivo para que el cultivo esté basado en la convivencia y el respeto hacia las formas vivientes que no resulten claramente perjudiciales a su normal desarrollo. La aplicación de esta regla se llevará a cabo a través de soluciones concretas en función de las características específicas de la parcela, del contexto normativo y socioeconómico y de las características personales del cultivador. Pero de su seguimiento se derivarán consecuencias positivas no solamente para la biodiversidad, sino para el propio cultivo y su cuenta de explotación.

En resumen: mejorar la relación del cultivo del olivo con la naturaleza aportará beneficios tangibles e intangibles. De hecho, será cada vez más necesario fortalecer esta relación a la hora de justificar nuevas ayudas públicas.

Es relativamente fácil incorporar prácticas o modos de actuación que supongan un mayor respeto hacia la biodiversidad existente y potencial. En numerosas ocasiones bastará con cambiar determinados hábitos inveterados que no tienen efectos ostensibles sobre la producción, como la eliminación de toda la vegetación leñosa o herbácea de las lindes y ribazos o la eje-

cución de tratamientos fitosanitarios fuera de fecha. Es factible también realizar intervenciones que reviertan la situación de empobrecimiento de biodiversidad, como plantar arbustos y árboles que actúen de setos en los linderos o situar balsas o instalar abrevaderos o balsas aprovechando, por ejemplo, los dispositivos de riego por goteo. A la hora de renovar la plantación se pueden dejar algunos pies de los olivos viejos para que la transición sea más suave. Dejar una rama o algún árbol sin cosechar o sin apurar del todo permitiría aumentar la disponibilidad de recursos para determinadas aves y mamíferos. Hacer los olivares espacios más favorables para los conejos o las perdices no es difícil (formando entaramados o apilamientos de madera seca, sembrando rodales de cereal o leguminosas, etc.) y aumenta las posibilidades para el esparcimiento cinegético, pero también para que sean áreas de campo de rapaces o mamíferos carnívoros.

El estudio de la biodiversidad de los olivares es uno de los temas emergentes a los que es aconsejable prestar una mayor atención en los próximos años. No en vano nos encontramos con la formación vegetal más extensa de Andalucía que forma parte de nuestra identidad y tiene un peso importante en nuestra economía.

No debemos menospreciar el fortalecimiento de la relación emotiva de los olivares con sus propietarios. La radiografía de "El Olivar Andaluz" [17] muestra que uno de los perfiles típicos de olivarero andaluz es el de agricultor a tiempo parcial que tiene una explotación de pequeño tamaño. Responde al perfil de propietario empleado en el sector servicios que ha recibido la tierra por herencia o que la ha comprado por afición y que aún conserva los vínculos con el medio rural. Conserva y, posiblemente, desea seguir conservando estos vínculos, puesto que la renta complementaria derivada del olivar muchas veces es excesivamente escasa como para compensar las molestias y preocupaciones derivadas de su mantenimiento. Muchos de nuestros olivares, en definitiva, conservan su sentido porque cumplen funciones emotivas y referenciales, en numerosas ocasiones con más intensidad que su mera funcionalidad económica. Convertir estos olivares en espacios gratos también para determinada fauna y flora asociada, sin comprometer la estabilidad del agrosistema en su conjunto (y, por tanto, su viabilidad técnico-económica) debería ser un objetivo a lograr por todos.

El proceso de modernización olivarera avanza a distinta velocidad en la región. En las zonas menos aptas para su cultivo, los olivares todavía están anclados en el pasado. Será difícil para muchos de estos olivares adaptarse a las exigencias productivas y de rentabilidad del siglo XXI, por lo que su destino será el abandono o, en menor medida, la reconversión hacia otro tipo de aprovechamientos (ligados principalmente al uso ganadero). Pero estos olivares son los que manifiestan un patrón de relación con la biodiversidad más acorde con nuestras demandas actuales. Su disposición en un mosaico paisajístico, su estilo de producción extensivo y la conservación de elementos estructurales notables ofrecen una amplia gama de nichos y oportunidades para la fauna y flora que ha coevolucionado con la agricultura mediterránea. Estos olivares, en definitiva, demandan otros desafíos (conservar su estructura, mantener su funcionalidad ecológica, lograr una transición óptima hacia etapas de mayor naturalización), de índole distinta a los más productivos. Para los olivares situados en áreas óptimas para el cultivo, los desafíos son distintos y se basan en lograr equilibrios razonables entre la productividad agronómica y el fortalecimiento de las funcionalidades ecológicas y la conservación y mejora de los componentes bióticos y abióticos del agrosistema.

## 2.2. Microbiota

El último eslabón de la cadena trófica en un agroecosistema está compuesto por los microorganismos del suelo. Bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos desempeñan un papel fundamental en el reciclaje de nutrientes a partir de la materia orgánica del suelo, pero además constituyen el componente principal de organismos implicados en el mantenimiento de la calidad del mismo. La *calidad del suelo* es la capacidad de un suelo, dentro de los límites naturales o antrópicos de los agroecosistemas, de mantener la producción agrícola, la calidad del agua y del aire, y en consecuencia la salud humana y ambiental [18]. El concepto de la *salud del suelo* incluye las cualidades ecológicas del mismo, que tienen implicaciones más allá de su calidad o capacidad de producir una cosecha particular. Estas cualidades están principalmente asociadas a los organismos (biota) presentes en el suelo: su diversidad, su estructura, su actividad y la gama de funciones que realiza. La biodiversidad del suelo por sí misma no es una característica crítica que determine la producción de una cosecha, pero es una característica que puede ser vital para la capacidad continuada del suelo de mantener esa cosecha.

Establecer la relación entre diversidad microbiana y las funciones fundamentales del suelo sigue siendo hoy día un desafío importante para la comunidad científica. A pesar de ello, es una idea globalmente aceptada que los cambios en la diversidad natural de un suelo, medida ésta en términos de estructura de la comunidad de microorganismos (*diversidad genética*), es un reflejo rápido de los cambios a largo plazo en las características biológicas y estructurales del suelo. Por tanto, el primer paso para estimar la calidad de un suelo debería ser la identificación de algunas funciones críticas del mismo. La dificultad estriba en que las funciones del suelo no sólo están afectadas por las propiedades intrínsecas del propio suelo, sino por el clima, el manejo, etc., y las relaciones entre estas variables es compleja. En este sentido, parámetros como la actividad enzimática del suelo (*diversidad metabólica*) pueden proporcionar una información muy útil sobre funcionalidad y productividad, tanto por el papel fundamental que representan determinadas enzimas de origen microbiano en los ciclos geoquímicos de nutrientes, como por la gran sensibilidad que muestran a los cambios producidos de forma natural o antrópica en el suelo [19, 20].

**Diversidad metabólica.** Una de las funciones esenciales en el suelo es el procesamiento y recuperación de nutrientes a partir de las entradas de materia orgánica en el sistema. Por tanto, la determinación de diversidad funcional enzimática relativa a los ciclos de macronutrientes es esencial a la hora de caracterizar los efectos que sobre el suelo de olivar tienen diferentes manejos agrícolas [21, 22].

La actividad deshidrogenasa, utilizada como medida indirecta de actividad biológica, es perceptiblemente mayor en suelos bajo olivar ecológico que en aquellos sobre olivar integrado o convencional. Asimismo, considerando el control de plantas adventicias en los suelos de olivar, se ha evidenciado que el uso de herbicidas inhibe la actividad biológica del suelo con respecto a los aquellos donde no se aplican productos químicos de síntesis.

La fosfatasa es una enzima capaz de hidrolizar los ésteres orgánicos y de transformarlos en fosfato inorgánico, mientras que la beta-glucosidasa es una enzima implicada en las últimas

fases del ciclo del C. Por su parte, la ureasa es una enzima implicada en el ciclo del N, catalizando el paso de urea a amonio. Estas enzimas presentan niveles más altos de actividad en suelos bajo olivar ecológico que en aquellos desarrollados bajo manejo integrado o convencional. Puesto que estas enzimas son enzimas inducibles, y por tanto su actividad está regulada por la presencia de sustratos disponibles, la actividad más elevada que presentan los suelos bajo manejo ecológico podría reflejar una mayor disponibilidad de nutrientes (fosfatos, amonio y compuestos de carbono) para los microorganismos y las plantas en comparación a los otros dos sistemas de gestión.

La aplicación de químicos de síntesis inhibe asimismo la capacidad de los microorganismos del suelo para producir auxinas, hormona implicada en la estimulación del crecimiento vegetal. El índice API relaciona la fracción de microorganismos capaz de producir auxinas con la actividad microbiológica total [21], estimada ésta como actividad deshidrogenasa. Los valores de este índice sugieren una mayor biodiversidad microbiana en olivares ecológicos con respecto a los sistemas convencionales e integrados, así como una menor diversidad de poblaciones de microorganismos en suelos en los que se ha aplicado químicos de síntesis.

**Diversidad genética.** La medida directa de la diversidad microbiana en diferentes ecosistemas ha sido objeto de gran interés científico, especialmente en los últimos años. En relación al olivar, parece clara la influencia que el tipo de manejo a que es sometido el olivar ejerce sobre la diversidad natural del agroecosistema [23]. Sin embargo, no abundan los trabajos científicos enfocados a estudiar la diversidad natural de la microbiota en suelos de olivar. Aunque algunos de ellos están enfocados al estudio de hongos micorrízicos en olivar [24], no hay trabajos que relacionen la diversidad de población de estas micorrizas con los diferentes tipos de manejo. En relación con la población bacteriana, muchos de ellos muestran la limitación de tratar con poblaciones cultivables, estimada como el 0,1-10 por ciento de la población total. Las técnicas de biología molecular han contribuido a paliar este problema. El estudio de la diversidad bacteriana con dichas técnicas ha permitido obtener amplia información sobre la composición y estructura de poblaciones y comunidades bacterianas, así como establecer el impacto de los factores ambientales sobre la diversidad bacteriana, y diseñar marcadores con fines de diagnóstico e identificación [25]. Así, se ha determinado mediante la extracción y posterior análisis del ADN bacteriano extraído de suelos de olivares con diferente manejo, que tanto el tamaño como la diversidad de la población bacteriana son claramente más elevados en suelos con cubiertas que en olivar con suelo desnudo [22]. La presencia de cubiertas aumenta la complejidad de la estructura bacteriana del suelo, y consecuentemente, la estabilidad del mismo. Sin embargo, comparando dos sistemas de cultivo que contemplan el mismo tipo de cubierta, se ha determinado que el uso puntual de herbicidas para eliminar la cubierta vegetal provoca una distribución poblacional diferente a la que determina la eliminación por métodos mecánicos, pero no comporta un cambio drástico en los valores totales de diversidad bacteriana del suelo.

### 2.3. Vegetación

El origen del cultivo del olivo es aún tan incierto como antiguo [26]. Algunas hipótesis lo sitúan en el Paleolítico de Asia mientras que otras en Oriente. En España los restos de olivo cultivado más antiguos datan del Neolítico. Lo que sí parece estar más claro es que el olivo

procedería del cruzamiento de varias especies antecesoras de origen africano [27], donde el Género *Olea* presenta su principal centro de distribución. La relación entre olivos y acebuches (u olivos silvestres) también puede resultar confusa. Tradicionalmente se ha considerado al acebuche como una variedad del olivo cultivado. También se ha clasificado al acebuche como una subespecie de éste, cuando no existe separación geográfica o ecológica alguna con el árbol cultivado. Gran parte de la confusión se debe al nombre dado por Linné al olivo, quien asignó al árbol la especie *europaea* dando por cierto su distribución europea, y obviando que se cultivaba desde tiempos prehistóricos en Palestina y Siria, entre otras zonas africanas y de Oriente.

Los acebuchares llegaron a formar grandes bosques puros y mixtos en el Terciario, formaciones esclerófilas y termófilas junto con algarrobales y lentiscares, donde fueron la especie dominante [28]. Los cambios climáticos del Cuaternario redujeron su área de distribución y degradaron los bosques climáticos de acebuche [29]. La naturalidad del acebuche en la Península Ibérica está demostrada [30, 31], así como su proximidad genética con el árbol cultivado [32], y parece quedar confirmado que el árbol cultivado procede de la domesticación del acebuche silvestre [33, 34].

Desde un punto de vista fitosociológico, Nieto et al. [35] encuadran al olivar junto a las etapas de sustitución de las comunidades de encinar y lentiscar. Según Rivas-Martínez [36] es frecuente la asociación natural de lentisco y acebuche en las faciasiones y etapas de sustitución del encinar termo y mesomediterráneo. De hecho, los acebuchares acompañan también al alcornocal, quejigar y bosques esclerófilos en general o matorrales producto de su degradación [37]. Sin embargo, en el agrosistema del olivar la vegetación dominante no son los matorrales, sino las herbáceas.

García y Cano [95] hacen un completo estudio fitosociológico de la vegetación del olivar, que se corresponde en gran medida con comunidades ruderales y nitrófilas de terófitos, muy condicionadas en su composición, fenología y diversidad por factores tales como: las labores del cultivo, la potencia y composición del suelo, los sistemas de riego empleados o la aplicación de ciertos herbicidas. Tan sólo en aquellas islas de vegetación semi-natural que se dejan incultas dentro del olivar (herrizas) o en los linderos, se pueden encontrar elementos florísticos con mayor madurez, en el sentido de comunidad vegetal, apareciendo algunos matorrales e incluso arboleda.

Los trabajos realizados por Pujadas-Salvà [39] en Córdoba y por García y Cano [38] en Jaén han permitido determinar en conjunto entre quinientos y novecientos taxones diferentes de especies arvenses en el olivar. Esto da una idea de la complejidad y alta riqueza de especies de la flora del olivar. Por otra parte, se trata en su mayoría de especies muy adaptadas a las especiales condiciones ambientales del olivar mediterráneo, en algunos casos de endemismos ibéricos, que se comportan como especies colonizadoras e invasoras [40]. Aunque hacer una lista de especies en este contexto resulta sin lugar a dudas una simplificación, algunos de los Géneros más frecuentes de dicotiledóneas (o plantas de hoja ancha) son: *Diploaxis*, *Raphanus*, *Brassica*, *Rubia*, *Convolvulus*, *Erodium*, *Malva*, *Daucus*, *Heliotropium*, *Silene*, *Euphorbia* y *Amaranthus*. Entre las monocotiledóneas o plantas de hoja estrecha, son también muy frecuentes los Géneros: *Lolium*, *Avena*, *Cynodon*, *Cyperus*, etc...

Las labores del olivar favorecen a los terófitos, plantas anuales que se multiplican por semillas y pasan la época desfavorable en este estado. Las labores alcanzan con mayor dificultad las zonas de los ruedos, bajo las copas de los árboles, por lo que allí la diversidad y complejidad de la comunidad vegetal es aún mayor. De hecho, Pujadas-Salvà [39] encuadra el agrosistema del olivar, en cuanto a diversidad de flora, justo por debajo de las formaciones mediterráneas originales y considera que es uno de los cultivos que mayor número de especies de flora autóctona conserva, muchas de ellas de rango de distribución restringido. Según Saavedra y Pastor [40] el ciclo de vida de la mayoría de estas plantas del olivar comienza en otoño e invierno, cuando las semillas germinan con las primeras lluvias. Florecen y fructifican en primavera y pasan la época adversa, el verano, en forma de semilla.

La estructura y dinámica de la comunidad vegetal del olivar tiene una elevada importancia en la conservación de la fauna. En un trabajo realizado en olivares de Málaga y relacionado con los recursos utilizados por la perdiz roja, Duarte [41] comprobó que tanto la cobertura vegetal como la riqueza de especies (léase diversidad) eran mayor siempre en los ruedos que en las calles, en cualquier época del año. Y que la riqueza de especies y la cobertura vegetal eran máximas en primavera, mínimas en verano y volvían a ascender en otoño (véase figura 1). Los descensos de los valores en primavera tardía y verano se debían a la aplicación de herbicidas y al laboreo.

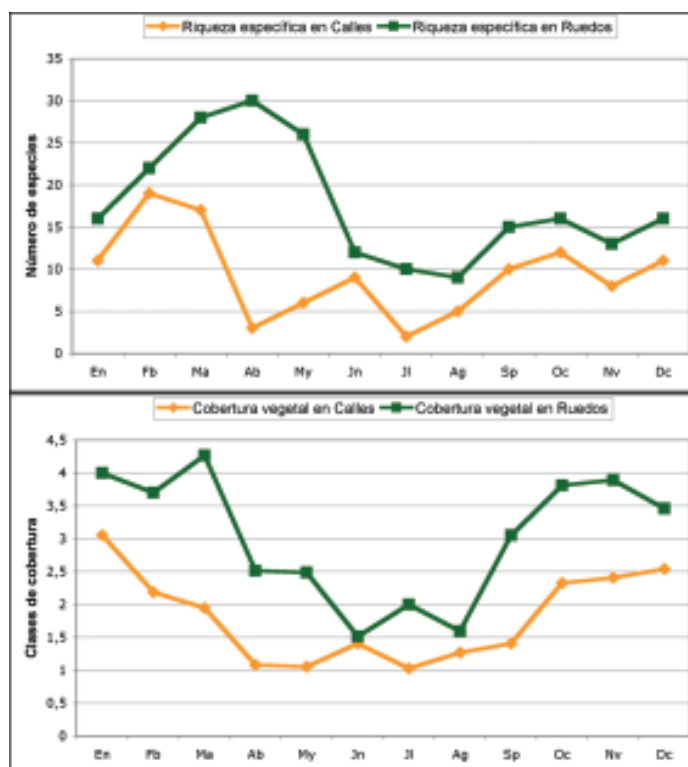


Figura 1. Evolución de la riqueza de especies y la cobertura vegetal durante un ciclo anual en un olivar de la provincia de Málaga. La cobertura se estimó como un baricentro de clases de cobertura, siendo el valor 0 = 0% de cobertura y el valor 5 = 80 - 100%.



Los datos soportan la hipótesis de que la época de mayor esplendor (en términos de cobertura, riqueza florística y producción de semillas) de la vegetación del olivar corresponde con la de más necesidad de estos recursos para la fauna. Pero también que en verano, cuando esos recursos siguen siendo necesarios, desaparecen por acción antrópica, dejando a la fauna desprovista de ellos y a medio camino de su ciclo reproductor. Esto explica, tal y como detallan Vargas y Cardo [42], que los nidos de perdiz en olivares sufran una reducción de más del 70% de su cobertura vegetal entre la primavera y el verano, es decir en el periodo de tiempo que transcurre desde que la perdiz selecciona un lugar para nidificar, pone los huevos y finaliza la incubación. Queda claro, por tanto, que el hecho está relacionado con el elevado fracaso reproductor de este ave en el olivar.

La flora del olivar, considerada normalmente como malas hierbas, también aporta un beneficio al cultivo. El principal es sobre el suelo, ya que constituyen una cobertura que lo protege contra la erosión, aumenta la infiltración del agua, mejora aspectos de nutrición y favorece a la fauna. Si bien el control de las malas hierbas es un aspecto necesario para optimizar el rendimiento del cultivo, las actuales prácticas de manejo optan por métodos que permiten un aprovechamiento más sostenible, mediante el empleo de cubiertas vegetales o herbicidas de bajo impacto [43]. Estos métodos tratan de evitar fenómenos perjudiciales para el propio cultivo y la biodiversidad vegetal del mismo, como los de inversión de flora [44] y el alto riesgo de erosión, y mantener los beneficios de una flora silvestre sin perjudicar a la producción del cultivo.

#### 2.4. Invertebrados (artrópodos)

##### **Composición de especies**

La artropodofauna asociada al cultivo del olivo es compleja y heterogénea y está compuesta por un centenar de especies fitófagas, casi un millar de especies entomófagas, insectos polinizadores, descomponedores y neutrales, en donde estos últimos representan el 20% [45, 46, 47]. Las especies entomófagas comprenden depredadores y parasitoides. El complejo parasitario está representado por unas 300 a 400 especies del orden himenóptera [45] y el complejo depredador está compuesto por distintos órdenes. Entre los principales grupos se encuentra el de las arañas, que es el más diverso con 217 especies, seguido por el orden coleóptera con 30 especies, el grupo de las hormigas con 23, hemípteros con 11 y neurópteros con 13 [48, 49, 47, 50].

Este conjunto de artrópodos constituye una complicada red ecológica, cuyo conocimiento y conservación es fundamental, ya que cada grupo trófico juega un papel importante en la sostenibilidad de este cultivo, p.e. favoreciendo la incorporación de materia orgánica al suelo o contribuyendo al control biológico de la plagas [51, 52]. Diferentes autores han puesto de manifiesto que el olivar es un sistema bastante estable debido a la propia estabilidad del medio, escaso número de parásitos realmente nocivos, tolerancia a los daños ocasionados y riqueza de artropodofauna útil [53, 54], sin embargo, es posible que un conocimiento más profundo del agroecosistema y sus interrelaciones ponga de manifiesto las alteraciones producidas debida a la presión continuada sobre el cultivo y la necesidad de aplicar conceptos ecológicos al manejo del mismo.

### **Manejos y tipologías**

Los factores que pueden incidir sobre la diversidad de la artropodofauna presente en este cultivo son muy numerosos. Así, Ruiz y Montiel [47, 55] han observado que diferentes bioclimas, y probablemente distintas series de vegetación, provocan que los olivares de sierra mantengan una diversidad más alta que los de campiña, independientemente del manejo del cultivo, probablemente debido a que el periodo estival está más suavizado en las zonas de sierra. Además, la proporción de los diferentes grupos tróficos no se modifica en los distintos tipos de olivar (sierra y campiña), aunque sí el número de individuos de cada grupo trófico, lo cual podría estar relacionado por el hecho de que cada grupo responde a las diferencias de disponibilidad de recursos en cada tipo de olivar. Respecto a la evolución estacional observan que la mayor riqueza ecológica se encuentra en primavera, con un empobrecimiento brusco en verano, para los olivares de campiña, y un proceso inverso en olivares de sierra. En cuanto a las diferencias climáticas anuales no parecen modificar la composición de la comunidad de artrópodos, salvo en años con primaveras secas donde se observa un empobrecimiento generalizado.

Otro factor de gran importancia es el tipo de manejo, ya que las diferentes prácticas agronómicas que se llevan a cabo anualmente en el cultivo provocan una reducción de la biodiversidad impidiendo la expresión continua de los procesos ecológicos, como las interacciones tróficas [52]. Entre las prácticas que más influyen en la comunidad de artrópodos son los tratamientos químicos y el manejo del suelo, las cuales inciden tanto de forma directa disminuyendo su número, como indirecta, ya que eliminan la mayor parte de las fuentes de alimento y perturban los nichos en los que habitan. Su acción va a depender del ciclo de vida de los diferentes artrópodos.

En cuanto al control de las principales plagas en el olivar, el método más extendido es el uso de insecticidas orgánicos de síntesis, los cuales tienen un marcado efecto negativo sobre la fauna benéfica existente [56, 54, 57], determinando un desequilibrio y la contaminación del medio ambiente en la mayoría de olivares en el mundo. Estudios sobre la incidencia de los diferentes manejos han evidenciado que el manejo convencional reduce en un 75% la población de parasitoides y que los grupos depredadores más afectados son heterópteros, coleópteros y arañas. La abundancia de neurópteros es débilmente afectada, pero su diversidad se reduce sensiblemente, favoreciendo la dominancia de una especie, *Chrysoperla carnea*, cuyos individuos presentan una menor fecundidad en relación con los procedentes de olivares con manejo ecológico [58, 59]. En el caso de las hormigas se ha observado que en el manejo convencional se produce una reducción de la riqueza de especies presentes en la copa y troncos de los olivos, probablemente debido a los insecticidas aplicados [49]. Recientemente, en un estudio sobre la actividad ecológica de las arañas presentes en la copa de los olivos, se ha podido comprobar que el manejo agronómico convencional incide negativamente sobre su abundancia (Familias Thomisidae, Salticidae y Theriidae) y fomenta la dominancia (Familia Oxyopidae), mientras que el manejo integrado favorece la diversidad [122].

Respecto al manejo del suelo en el olivar, las posibles alternativas son muy variadas y van a incidir por un lado en las condiciones del suelo y por otro en la diversidad floral. Así, se puede asistir a una alteración mecánica del suelo (laboreo) o una modificación de su micro-

clima (uso de herbicidas, cubierta vegetal, presencia de restos vegetales). En ambas circunstancias, la comunidad de artrópodos presente en el mismo se ve afectada, ya que en algunas ocasiones supone su eliminación, y en otras se favorece su desarrollo. Se ha determinado que el arado aplicado de forma continuada provoca una gran alteración sobre los formícidos ya que elimina los hormigueros en las calles de los olivos y que la respuesta al arado va a depender también de la profundidad a la que cada especie realiza el hormiguero [61]. En olivares ecológicos donde el control de la cubierta vegetal se hace de forma mecánica, bien enterrándola o bien segándola con desbrozadora [62], se ha observado que la retirada de la cubierta vegetal afecta de forma diferente a los principales grupos del suelo. Así, las hormigas no se vieron afectadas, sin embargo se registró un incremento en la abundancia, riqueza de especies y dominancia de los coleópteros epigeos y en el caso de las arañas, esta alteración ejerció un efecto positivo sobre la abundancia de las mismas, y aunque su incidencia sobre la diversidad no es clara, la presencia de mayor número de especies en las zonas sin cubierta pudiera ser debida a que éstas proporcionan nuevos nichos ecológicos, que son colonizados por las arañas presentes en las zonas adyacentes [60]. La presencia de rastrojo sobre el suelo de un olivar es otro factor que puede influir en gran medida sobre la composición de artrópodos del suelo ya que condiciona un ambiente más estable [64].

Respecto a la diversidad floral, es conocido que juega un papel importante sobre la artropodofauna ya que les proporciona alimento, refugio y huéspedes alternativos, y una de las principales ventajas de la diversificación es la mejora de las oportunidades ambientales para la entomofauna benéfica y así incrementar el control biológico. En este sentido, el reglamento de Producción Integrada indica que al menos el 5% de la explotación agrícola debe ser mantenida como área de compensación ecológica, de modo que se incremente la biodiversidad botánica y faunística [65]. Un aspecto a tener en cuenta es que la composición de especies es más importante que el número de especies “per se” y que hay ciertos ensamblajes de plantas que ejercen papeles funcionales claves mientras que otros grupos de plantas no. El desafío está en identificar los ensamblajes correctos de especies, que a través de sus sinergias, provean servicios ecológicos esenciales tales como reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y conservación del suelo y agua [66]. Los pocos estudios realizados al respecto en el olivar han mostrado que las poblaciones de uno de los principales depredadores existentes en el olivar, *Chrysoperla carnea*, está muy relacionada con las malas hierbas, ya que los adultos y las larvas se alimentan de las inflorescencias de una gran variedad de umbelíferas y que las hembras depone parte de sus huevos en la vegetación cercana a los olivos, por lo que su eliminación provoca una reducción significativa de la poblaciones de los crisópidos presentes en el olivar, así como de su actividad depredadora [67]. En el caso de las arañas se ha determinado que su diversidad está marcada por las particularidades propias de cada olivar, viéndose favorecida la presencia y riqueza de especies por las condiciones de heterogeneidad ambiental que brinda la presencia de vegetación como setos y/o cubierta vegetal en el mismo [50]. Respecto a los parasitoides, se ha comprobado que en olivares con cubierta natural existe gran variedad de himenópteros parasitoides, destacando braconidos e icneumonidos, y que son más consistentes en las fincas ecológicas que tienen un mayor porcentaje de cobertura [52]. Así mismo, se ha puesto de manifiesto que el uso de cubiertas vegetales de cereal favorece la presencia de homópteros, colémbolos y parasitoides de las familias Scelionidae, Chalcididae y Encyrtidae [68]. De forma más específica se ha observado que la planta *Inula viscosa* proporciona hábitat al díptero *Miopites stylata*, el cual

es un huésped alternativo de *Eupelmus urozonus*, un parásito de *Bactrocera oleae*, por lo que esta planta podría ser utilizada para mejorar el control biológico de la mosca del olivo. Asimismo, *Citrus* spp. y *Nerium oleander* proveen hábitat a *Saissetia oleae* y a otras cochinillas, así como a sus parásitos y depredadores [69]. En el caso de *Prays oleae* se ha descrito que la siembra en el olivar de determinadas plantas como *Fagopyrum esculentum* o *Daucus carota* incrementan las tasas de depredación y parasitismo de algunos de sus estadios de desarrollo, lo cual podría ser consecuencia de que estas plantas atraen importantes grupos de auxiliares como himenópteros parasitoides, coccinélidos, sírfidos, antocóridos y crisópidos [70]. Todos estos trabajos ponen de manifiesto la importancia de la diversidad floral en el agroecosistema del olivar, por lo que sería de gran interés profundizar en el estudio de las relaciones tritróficas que se producen en el mismo y poder identificar el tipo de biodiversidad que es deseable mantener con vistas a mejorar su sostenibilidad.

### 2.5. Vertebrados: aves

El olivar, cultivo integrado perfectamente en el ambiente mediterráneo, al proceder el olivo del acebuche, alberga comunidades de aves propias de matorrales y bosques mediterráneos. Sin embargo las variadas tipologías del cultivo determinan diferentes composiciones en las comunidades -ganancia o pérdida de especies- y variaciones en los parámetros que definen la comunidad: densidad, diversidad, dominancia etc. Las comunidades de aves que se establecen en cada tipo de olivar reflejan la selección de hábitat que las caracteriza. Así, algunas aves son propias de bosques poco densos, similares a los encinares adherados o a los parques de las ciudades; otras propias de matorrales dispersos, o de bosques maduros ya que usan los troncos para alimentarse y nidificar; o incluso de formaciones herbáceas con arbolado disperso. Por tanto, cuanto mayor es la variabilidad ambiental de las plantaciones, mayor es el número de especies de aves que se instalan. La selección de hábitat que realiza cada especie viene condicionada por sus necesidades vitales. En primavera son todos los requerimientos para alcanzar el mayor éxito reproductor, entre los que destacan el establecimiento y defensa de un territorio, consecución de pareja, establecimiento del nido y alimentación de adultos y prole. Sin embargo en invierno, las aves tienen en muchos casos una selección de hábitat menos estricta, ya que el imperativo en la estación invernal es alimentarse y acumular grasa para poder migrar a las zonas de cría y tener un buen éxito reproductor.

Existen numerosos tipos de olivar, aunque se pueden resumir en tres tipos: olivar tradicional, olivar intensivo y olivar semi-intensivo. El olivar tradicional se sitúa generalmente en sierras, con suelos pobres, pedregosos y con pendientes moderadas o fuertes, con tendencia a una gran erosión. El arbolado suele ser maduro y los marcos de plantación amplios, con densidades de 70-100 árboles/ Ha. En conjunto los olivares forman un mosaico muy parcelado con numerosas manchas de vegetación natural en forma de setos, bosquetes, y otras agrupaciones de arbolado y matorral, con presencia de taludes y arroyos. En estos olivares se siguen los patrones del cultivo tradicional, con labores escasas, en ocasiones realizadas aún con animales de tiro, mínima mecanización, aunque con una fuerte tendencia a incrementar el número de tratamientos fitosanitarios.

Los olivares intensivos jóvenes suelen ubicarse en antiguos campos de cereal; con suelos profundos y topografía con suaves colinas. Generalmente corresponden a grandes plantaciones, con arbolado de un solo pie, marcos de 6x4 y 6x6 m, con una densidad de 417 árboles/Ha y 278 árboles/Ha respectivamente, con riego por goteo, frecuentes laboreos y empleo de herbicidas, fertirrigación y varios tratamientos fitosanitarios al año. No presenta manchas de vegetación natural, aunque sí es frecuente una pequeña superficie de estrato herbáceo junto a los goteros del árbol. Al ser propiedades muy grandes, cualquier manejo del cultivo afecta a una gran parte de la superficie total. En plantaciones más antiguas, los marcos de plantación son de 6 x 8 m y 8x8 m con una densidad de 208 árboles/Ha y 156 árboles/Ha respectivamente. Estos olivos suelen tener varios pies.

Los olivares semi-intensivos se caracterizan por tener olivos viejos o maduros, sobre suelos profundos, en una topografía ondulada. Se trata de plantaciones con marcos variados en los que dominan 10x10 m y 12x12 m, con una densidad de 100 y 70 árboles/Ha. Olivos de secano que se van transformando en regadío. Se suelen aplicar herbicidas de preemergencia en el ruedo del olivo en otoño, y posteriormente de postemergencia, en función del crecimiento de la vegetación herbácea. Las calles no se suelen tratar con herbicidas, aunque en marzo se aran; y si la primavera es lluviosa, se le dan varias pasadas para eliminar la hierba. Entre la vegetación herbácea destacan especies de los géneros *Diploaxis* sp. y *Erodium* sp. Estos olivares por el manejo, han ido pasando del sistema de cultivo tradicional, al semi-intensivo, ya que reciben frecuentes laboreos hasta la misma peana del árbol, tres o cuatro tratamientos fitosanitarios al año y eliminación de toda vegetación herbácea. El resultado son de olivares homogéneos, con poca variación ambiental.

Las aves responden de modo positivo, a la heterogeneidad del conjunto de las plantaciones, frente a la homogeneidad de amplias zonas de olivar. Olivares formando parches intercalados entre vegetación natural o entre otros tipos de cultivo, son muy diferentes en cuanto a diversidad de aves, respecto a grandes superficies de monocultivo homogéneo. Estos últimos son medios estructuralmente muy simples, al presentar únicamente dos estratos, en el mejor de los casos: uno arbóreo y otro herbáceo

A micro escala, es decir, en una plantación concreta, los factores que más afectan a la estructura y composición de las comunidades de aves son: a) la estructura del hábitat, y b) las labores del cultivo. Factores importantes de la estructura del hábitat son: la edad de la plantación, el número de olivos por superficie, la cobertura del estrato arbóreo, el volumen de las copas y la cobertura y composición florística del estrato herbáceo. A su vez, cualquier elemento que rompa la homogeneidad – pequeño seto bordeando un camino o arroyo, talud, alguna encina dispersa, un pequeño parche de vegetación herbácea, etc – contribuyen al aumento del número de especies de aves. La complejidad estructural es sólo una de las partes que nos define las características del hábitat; siendo la otra la distribución y características de los recursos tróficos. En cuanto a las labores del cultivo que tienen mayor incidencia sobre las aves, se pueden indicar: supresión de la cubierta vegetal con herbicidas y con medios mecánicos, fumigaciones contra plagas en primavera, poda en época de nidificación y fertirrigación. La complejidad estructural del suelo, es de importancia decisiva como soporte de recursos tróficos (semillas e insectos). La productividad del olivar se ajusta a una fenología típicamente mediterránea. Por tanto, el desarrollo del estrato herbáceo depende del ini-

cio y cuantía de las lluvias otoñales. Las semillas comienzan a germinar en octubre y noviembre. A partir de diciembre se produce un incremento en el número de especies desarrolladas en el estrato herbáceo, alcanzándose la mayor biomasa en peso húmedo en abril, si el olivar no ha sido tratado. Es sin duda en abril y mayo cuando existe el mayor porcentaje de plantas con semillas, aunque es de notable interés la temprana producción (enero y febrero) de plantas de gran interés trófico para las aves nidificantes en el olivar, como es el caso de *Diplotaxis sp.* Las labores del suelo, el arado, o la eliminación de la vegetación herbácea por otros medios, se incrementan a partir de marzo, de modo muy similar a la evolución del número de especies de plantas herbáceas desarrolladas. Los agricultores intensifican las labores del suelo en el momento en que va creciendo la vegetación, limitando su desarrollo y la posterior fructificación, aunque sin duda lo más espectacular es el efecto producido por los herbicidas que inhiben el desarrollo de casi todo el estrato herbáceo.

Las aves nidificantes en el olivar seleccionan los territorios en función de las variables estructurales de los estratos arbóreo y herbáceo; no sólo del estrato arbóreo; ya que muy pocas especies utilizan el olivo como sustrato exclusivo en el que alimentarse -en sentido estricto sólo el Agateador-; el resto dependen mayoritariamente del suelo como fuente de recursos tróficos. Por tanto, casi todas las especies que nidifican en los olivos han de conjugar a la hora de seleccionar las parcelas las características del arbolado y las del sustrato herbáceo (estructura, composición florística, productividad de semillas y de insectos etc.). Pero este estrato está continuamente roturándose y destruyéndose, y por tanto puede ser el factor de mayor peso en la selección. En efecto, las especies que ocupan los olivares desarrollados parecen seleccionar, al inicio de la estación reproductora -febrero y marzo-, aquellos con el suelo inalterado y, por tanto, con abundante cobertura herbácea y una fracción de la cosecha de semillas inmaduras ya disponible para la mayoría de los granívoros. Comparando las densidades de aves de la comunidad reproductora en olivares con idéntica estructura arbórea, pero con el suelo inalterado, con aquellas establecidas en olivares labrados, resultan significativamente más altas las primeras, con una densidad de 30'87 aves/10 Has., frente a las segundas, con 11'87 aves/10 Has. Algunas especies muestran una correlación significativa entre su densidad y el grado de cobertura herbácea existente; tal es el caso de la Tórtola y de la Curruca mirlona. Otras como el Verdecillo y el Alcaudón común, aunque no alcanzan el nivel de significación, tienen mayores densidades en los olivares con elevada cobertura herbácea.

Pero para mantener cierta diversidad de aves en los olivares ¿es necesario conservar todo el cultivo con el 100% de cubierta herbácea?. Los trabajos realizados nos indican que con un 10% de cobertura (con amplia diversidad de plantas herbáceas), se duplica la densidad de aves respecto a un olivar desnudo; y con el 25% de la superficie cubierta por el mismo tipo de vegetación, casi se triplica la densidad de aves. Estos ejemplos confirman lo señalado sobre la importancia del estrato herbáceo en el olivar y las consecuencias de su supresión para la avifauna. No obstante, la "calidad" de ese estrato, la dinámica y su estructura son factores decisivos para las aves granívoras ya que estas se alimentan en primavera de una serie de especies de semillas, algunas de las cuales -*Diplotaxis virgata*; *Erodium sp.*-, tienen una importancia decisiva a la hora de alimentar a los pollos de ciertos fringílidos, por el alto contenido en proteínas de las semillas aún sin madurar. La estación de cría de estas aves se extiende desde mediados de febrero hasta mediados de agosto- en el caso del Verderón-; pero el grueso de la producción de pollos se centra en marzo y abril.

Las labores agrícolas tienen incidencia directa sobre la reproducción de estas aves de manera muy variable a tenor de la climatología y del tipo de tratamiento. Así, los efectos de la poda dependen del momento de efectuarla, pudiendo tener unas consecuencias negativas, al comienzo de la estación de cría. En el Verdecillo, se pierden hasta el 25% de los nidos. Los tratamientos por fumigación con insecticidas contra la generación antófaga del Prays afectan de manera muy variable. Existe un efecto de mortalidad directa de pollos, generalmente baja-próxima al 7%-. Sin embargo, se produce una alta tasa de abandono de nidos con huevos, incluso superior al 50%, por efecto del líquido a presión sobre el nido. Existen pérdidas también por el efecto mecánico de los tractores, al rozar las ramas más bajas y exteriores de los olivos, lugar donde con frecuencia instalan los nidos los verdecillos. Otro factor, que puede estar causando una mortalidad directa en las aves es beber estas de los goteros, en plantaciones intensivas con fertirrigación. La mortalidad en las aves afectadas, posiblemente no sea inmediata; pero sí a medio plazo.

En general un hábitat muy simplificado en su estructura, tiene mayores tasas de predación para las aves reproductoras. En el olivar también ocurre esto; olivares con cubierta vegetal tienen menores tasas de predación, aproximadamente la mitad que aquellos que no tienen cubierta herbácea. Es de todos conocido, no sólo para el olivar sino para otros cultivos, que la intensificación agrícola hace que disminuyan las poblaciones de aves. La intensificación conlleva homogeneidad y unos tratamientos- de la cubierta vegetal y del árbol-, que afectan a las aves, en el momento más crítico de su ciclo anual, como es durante la reproducción.

La remodelación que se está dando en el olivar, transformando el paisaje olivarero mediante una intensificación del cultivo y aparición de nuevas plantaciones intensivas, tiene claras consecuencias negativas para las aves al variar las características estructurales del medio. En olivares tradicionales, caracterizados por una mayor heterogeneidad ambiental, mayor parcelación del cultivo y menor intensificación agrícola, aparecen entre 16 y 21 especies de aves; con densidades que oscilan entre 37.3 y 59.1 aves/10Has . En el extremo contrario, olivares intensivos mantienen 5 a 9 especies de aves y densidades de 6 a 44,2 aves/10 Has. Se pone de manifiesto la importancia de las variables ambientales en el establecimiento de la comunidad de aves.

Los efectos de la olivicultura actual sobre las aves del olivar son variados, pero de importantes consecuencias. La pérdida de setos afecta, en el período reproductor, a especies que los usan para nidificar y alimentarse; entre estas especies destacan: Escribano soteño, Curruca cabecinegra, Curruca mirlona, Curruca carrasqueña, Alzacola, Carbonero común, Herre-rillo común, Mito, Pardillo común, Chotacabras pardo, Mirlo común y Alcaudón común.



Figura 11. Mirlo común. Se trata de una de las muchas especies de aves insectívoras residentes en el olivar. Autor Jesús Duarte.

Y en el caso de los invernantes -especies que invernán en nuestros campos y proceden del centro y norte de Europa-, las especies que se ven afectadas por la desaparición de los setos son: Petirrojo, Curruca capirotada, Zorzal alirrojo, Zorzal común, Acentor común, Mosquitero común y Reyzeuelo listado.



Figura 12. Zorzal común. El olivar es un medio que ofrece excelentes recursos para la invernada de aves migratorias como los zorzales. Autor Jesús Duarte.



Los tratamientos del suelo del olivar afectan a las aves que consumen hierbas y semillas (fitófagos del suelo), a los insectívoros del suelo y a las aves que instalan los nidos en el suelo. Entre las aves que se alimentan de hierba y semillas, se ven afectadas: Tórtola común, Perdiz roja, Verdecillo, Verderón, Jilguero, Pardillo común, Pinzón vulgar, Escribano soteño, Triguero y otros. Los insectívoros del suelo afectados son: Alzacola, Carbonero común, Curruca mirloña; Alcaudón común, Alcaraván, Totovía y cogujadas. Mochuelo y cernícalos. Las aves que nidifican en el suelo necesitan una cierta cobertura vegetal que proteja a los nidos. Ante la supresión de esta cobertura, las especies que se ven más afectadas son: Totovía, cogujadas, Perdiz roja, Codorniz común, Triguero y otros.

Ante la intensificación agrícola del olivar, es primordial para mantener una adecuada biodiversidad de aves el mantener o instaurar setos de vegetación natural, asegurar una cierta cubierta vegetal con diversidad de plantas herbáceas, mantener enterrados o bajo cubierta los goteros de fertirrigación, cuidar la excesiva presión del chorro de los tratamientos contra la generación antófaga del Prays y de los tratamientos con compuestos cúpricos en primavera.

## **2.6. Vertebrados: mamíferos, reptiles y anfibios**

Mientras que con las aves se puede hacer la distinción de fauna invernante o estival, con el resto de tetrápodos la inmensa mayoría de las especies son sedentarias. En todo caso se podría hacer la distinción de aquellas que habitan el olivar de forma permanente, o más bien que desarrollan todo su ciclo vital en este cultivo, de aquellas que lo usan parcialmente, por ejemplo como cazadero. También cabría ocuparse de las especies fronterizas, que usan tangencialmente el olivar cuando éste linda con otros hábitats. Pero vayamos por partes. Antes de entrar en la comunidad de mamíferos y reptiles del olivar conviene resaltar algunas de las características de este hábitat tan peculiar y que afectan al modo de vida de sus habitantes.

El olivar es un medio simplificado, fruto de las labores agrícolas propias del cultivo. Según las tipologías de olivar el grado de simplificación varía. Pero la norma es que se trata de un medio en el que dominan las especies de amplio espectro ecológico, propias de etapas tempranas de una sucesión ecológica secundaria en un ecosistema sometido a una intensa y permanente alteración. En el caso de especies animales esto supone que abundan las presas y que los predadores no suelen ser muy especializados. El hábitat del olivar, desde el punto de vista de los vertebrados que lo ocupan, podría compartimentarse en: linderos, islas de vegetación natural u otros cultivos, calles y ruedos, y los propios árboles. Esta categorización incluye, evidentemente, una percepción multiescala del olivar. Desde la macroescala del olivar como cultivo que incluye ecotonos con otros cultivos o enclavados más o menos naturales; a la mesoescala de la estructura interna propia del olivar en calles y ruedos y la microescala del olivo, un mundo en sí mismo que en edades tempranas es más homogéneo y aumenta en heterogeneidad conforme se hace más viejo. Y en cada uno de estos niveles hay una relación con la fauna.



Figura 7. Depredadores (Dermáptero y Sírfido) presentes en la cubierta natural del olivar.  
Autor L. Fernández.

Los anfibios no son un grupo bien representado en el olivar, ya que su dependencia fisiológica del agua no los asocia a un cultivo de secano. Sin embargo, aparecen esporádicamente asociados a linderos, acequias y zanjas por las que discurre agua y ocasionalmente se adentran en los ruedos de aquellos olivos que tienen riego por goteo. Aparte del sapo común (*Bufo bufo*) no hay especies frecuentes, o al menos con una presencia permanente, en los olivares. Algunos anuros que ocupan tierras de cultivo o son poco exigentes en cuanto al hábitat, como el sapo corredor (*Bufo calamita*), el sapillo pintojo (*Discoglossus pictus*) o el moteado (*Pelodytes punctatus*) pueden aprovechar los encharcamientos primaverales del olivar para sus puestas. En el caso de olivares abandonados o no sometidos a un régimen intenso de laboreo es posible encontrar al sapo partero (*Alytes spp.*). En cuanto a las ranas, es posible la presencia de la ranita meridional (*Hyla meridionalis*) y sobre todo de la rana común (*Rana perezi*) en acequias y pozos. En el grupo de los urodelos, se ha descrito la presencia del tritón pigmeo (*Triturus pigmaeus*) y el gallipato (*Pleurodeles waltli*) en charcas y lagunas del entorno de olivares y otros cultivos de secano en la provincia de Granada.

Los reptiles si son un grupo muy bien representado en el olivar [71]. De los escamosos cabe destacar la presencia habitual de las salamanquesas, tanto la común (*Tarentola mauritanica*) como la rosada (*Hemidactylus turcicus*), en muros de cortijos y caballones de piedra de los linderos. Entre los lacértidos destaca la presencia del gran predador del grupo, el lagarto ocelado (*Lacerta lepida*).



Figura 8. El lagarto ocelado es uno de los grandes depredadores del olivar, especialmente de huevos y nidos de aves. Autor Jesús Duarte.

Este reptil es un habitante frecuente y abundante del olivar, donde aprovecha los múltiples huecos de los troncos de los olivos viejos. Es fácil poder observarlo desplazarse entre ruedos y calles del olivar. De entre las lagartijas destacan las siguientes: la lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*), que ocupa sobre todo las zonas pedregosas y las proximidades de cortijos y edificaciones; la lagartija colirroja (*Acanthodactylus eritrurus*), y la cenicienta (*Psammodromus hispanicus*) habitantes habituales de ruedos y calles. La colirroja prefiere los olivares llanos y asentados sobre suelos blandos, ocupando zonas próximas a islas de vegetación y matorral natural. La cenicienta ocupa sobre todo las calles del olivar cuando tienen buena cobertura herbácea, retirándose primero a ruedos y posteriormente a linderos en época de intenso laboreo. Finalmente, de entre los ofidios, las culebras bastarda (*Malpolon monspessulanus*) y de escalera (*Elaphe scalaris*) también son frecuentes en el olivar, esta última sobre todo asociada a linderos y zanjas con vegetación freatófita. En olivares de montaña, semi-abandonados o en aquellos asentados sobre terrenos pedregosos, e incluso ligada a cortijos, caballones y setos con base de piedra, es frecuente la culebra de herradura (*Coluber hippocrepis*).

En el grupo de los mamíferos aparecen algunas de las especies emblemáticas o que se identifican muy bien con el olivar. Es el caso de los lagomorfos. Aunque el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) no es una especie propia del olivar, en algunas zonas se ha adaptado a usar como refugios los huecos de los olivos. Pero normalmente prefiere ocupar los linderos, sobre todo aquellos del olivar con otros cultivos o con las herrizas y manchas de matorral de vegetación natural. Por el contrario, la liebre (*Lepus granatensis*) es una especie propia del olivar, alcanzando de hecho sus mayores densidades en la Península Ibérica en este tipo de cultivo [72].



Figura 6. Cría recién nacida de liebre ibérica. Las liebres son muy abundantes en el olivar. Es un medio que les ofrece todos los recursos que necesitan durante su ciclo biológico. Autor Jesús Duarte.

Sin que ello suponga que se trata de una especie exclusiva, las liebres que habitan olivares desarrollan gran parte de su ciclo vital íntegramente en él, aunque de noche pueden salir fuera del olivar a alimentarse en otros cultivos. Entre los insectívoros hay que destacar una especie también muy frecuente en el olivar. Se trata del erizo europeo (*Erinaceus europaeus*), un predador de huevos de ave e insectos que habita ruedos, chuecos y linderos. El erizo comparte hábitat con otros insectívoros de menor tamaño, como son las musarañas (*Crocidura russula*).

Entre los roedores es posible encontrar ratas (*Rattus norvegicus*), sobre todo ligadas a cortijos y zonas más antropizadas; ratones, como el moruno (*Mus spretus*) ligado a los bordes del olivar con el matorral y otros cultivos (sobre todo cereal y girasol); el de campo (*Apodemus sylvaticus*) asociado casi a cualquier zona del olivar, incluso a las calles en las épocas de mínima expresión de la cobertura herbácea; o el casero (*Mus musculus*), que comparte hábitat con el hombre en cortijos y caseños.



Figura 9. El lirón careto es un micromamífero abundante en el olivar. Suele habitar los huecos de los olivos viejos. Autor Jesús Duarte

Un roedor particularmente llamativo y frecuente en el olivar es el lirón careto (*Elyomys quercinus*). De hábitos arborícolas, es un habitante de ruedos y olivos viejos, aunque también aparece en cortijos siempre que estén dentro del olivar. Los lirones son grandes predadores de huevos de casi todas las aves que anidan en el olivar. Los topillos (*Microtus duodecimcostatus*) no son frecuentes en el olivar, aunque sí en los prados de siega y cultivos de cereal cercanos.

Con respecto a los carnívoros, la mayoría de especies, como ocurre con las rapaces, pueden usar el olivar como cazadero, ya que suelen tener áreas de campeo amplias y el olivar es una buena fuente de recursos y presas. Zorros (*Vulpes vulpes*) y ginetas (*Genetta genetta*) pueden habitar dentro del olivar, los primeros en linderos o en herrizas y las segundas en olivos viejos. Igual ocurre con las comadreja (*Mustela nivalis*), que habitan tanto ruedos y tocones de olivo, como linderos, herrizas y caballones empedrados. Garduñas (*Martes foina*), turones (*Mustela putorius*), meloncillos (*Herpestes ichneumon*) y gatos monteses (*Felis sylvestris*) son menos frecuentes en el olivar. Lo usan como cazadero, sin adentrarse nunca demasiado en él, siempre por los linderos con zonas forestales o de matorral y herrizas. Cabe añadir en el grupo de los carnívoros a perros y gatos asilvestrados o de los cortijos, que sin ser especies silvestres sí son parte de la diversidad del olivar. Existe una clara segregación entre estas especies a la hora de usar el olivar como cazadero [73]. Mientras que los gatos no se adentran en el olivar y usan sólo las zonas próximas a caminos y cortijos, los perros lo recorren todo.

Ciertas características del cultivo del olivo benefician a algunos de estos predadores, sobre todo a los cánidos. La monotonía del paisaje, expresada como linealidad y homogeneidad, hace que para estas especies sea relativamente fácil la captura de presas y la búsqueda de nidos de aves en época reproductora. Además, suele ocurrir un proceso de facilitación por parte de las labores agrícolas, que reduciendo al mínimo la cobertura herbácea reducen los refugios y nidales a linderos o ruedos, reduciendo y señalando a un mismo tiempo los sitios en los un predador debe buscar presas. Ello ocasiona altas tasas de predación y fracaso reproductor en aves que nidifican en el suelo, como la perdiz roja.



Figura 10. La perdiz roja es una de las especies estrella del olivar, por su interés económico y social y por su relevancia como presa de especies amenazadas. El olivar es un medio óptimo para esta ave. Las labores agrícolas de primavera y verano reducen considerablemente la capacidad de acogida del olivar para la perdiz. Autor Jesús Duarte

Finalmente, no hay ninguna especie de ungulado propia del olivar, si bien es cierto que en aquellos olivares de montaña o en los que están ubicados en las faldas o laderas de bosques y matorrales, ocasionalmente se adentran los jabalíes (*Sus scrofa*), sobre todo cuando hay aceituna en el suelo.

En un sentido funcional, el olivar ofrece recursos a la comunidad de vertebrados todo el año. En el caso de algunas especies cinegéticas se ha demostrado que el olivar representa un hábitat clave, correlacionado con su demografía y distribución [74]. Las estaciones con cobertura herbácea son sobre todo otoño y primavera temprana. La primera beneficia a las aves invernantes porque la cobertura es soporte de insectos-presa. La comunidad de aves invernantes beneficia a los predadores que de ella dependen, entre ellos muchos carnívoros. El otoño coincide con la presencia de la aceituna, lo cual revaloriza aún más la capacidad de acogida del olivar. La primavera beneficia a las aves reproductoras, y con ellas aparecen nuevamente una multitud de recursos. La peor época es probablemente el verano, donde la falta de cobertura y la escasez de agua reducen el valor del olivar y obligan a muchos vertebrados a concentrar su actividad en linderos, herrizas y zanjas. A pesar de ello, la falta de cobertura provocada por un laboreo continuo y una recurrente aplicación de herbicidas ocasiona un ciclo de respuesta de la vegetación, que permanentemente intenta emerger. Esto beneficia a especies como las liebres y algunos roedores, que buscan en las calles y ruedos los pequeños brotes tiernos de vegetación. El valor del olivar en invierno es básicamente el de refugio, por su elevada cobertura herbácea y la defensa que supone su intrincado mosaico agroforestal.

### 3. Los diferentes tipos de olivares actualmente existentes. Su distribución geográfica en Andalucía

Aunque sobre este aspecto es necesario contar con un mayor soporte empírico y experimental, se parte como hipótesis de partida que la biodiversidad a escala de paisaje está muy relacionada con las peculiaridades territoriales de los olivares, mientras que la biodiversidad a escala de parcela guarda una mayor relación con el sistema y prácticas de producción que definen el estilo de olivicultura practicado.

#### *La escala de paisaje: unidades de paisaje de olivar*

El olivar andaluz muestra una gran diversidad territorial [75]. La conjunción de atributos geográficos a escala municipal (relieve y tipo de suelo) con aspectos históricos ha permitido proponer una clasificación de los paisajes del olivar andaluz que consta de 11 unidades [76], resultado de la síntesis de la información disponible (véase tabla 1 y figura 2).

**Tabla 1. Tipología de paisajes de olivar.**

Tipo de paisaje de olivar	Características
Olivar de campiña	Olivar emplazado en el paisaje típico campañés (sucesión de llanuras, lomas y vallonadas), sobre margas, arcillas, areniscas y margocalizas generalmente de edad terciaria.
Olivar de llanura sobre depósitos diluviales	Olivar característico de las terrazas de acumulación de sedimentos de grano grueso (guijos y cantos rodados) del Valle del Guadalquivir, que presentan en su perfil edáfico un marcado contraste textural.
Olivar de lomas y llanuras sobre depósitos aluviales	Olivar propio de las vegas de grandes ríos (Guadalquivir, Genil), y en particular de su reborde alomado y colinado, sobre depósitos recientes (Cuaternario y final del Terciario).
Olivar sobre colinas sedimentarias	Olivar sobre relieve colinado (de 5 a 20% de pendiente), usualmente sobre margocalizas terciarias o arcillas y areniscas triásicas.
Olivar sobre llanuras y vertientes metamórficas	Olivar de Sierra Morena, caracterizado por un relieve variado, aunque usualmente de acolinado a escarpado (5 a 40% de pendiente) sobre litología metamórfica (esquistos, pizarras, grauvacas) en ocasiones carbonatada.
Olivar sobre cerros sedimentarios	Olivar situado en un relieve vigoroso de tipo cerrano (del 15 al 40% de pendiente), generalmente sobre arcillas y areniscas triásicas o margocalizas y calizas terciarias.
Olivar sobre planicie de origen endógeno	Olivar implantado sobre los suelos arenosos de escasa profundidad desarrollados a partir de materiales intrusivos (granitos, granodioritas, etc.).
Olivar de sierra litoral	Olivar radicado en las vertientes soleadas de pendiente pronunciada del litoral mediterráneo sobre material metamórfico muy disgregable (esquistos y filitas).
Olivar de vegas interiores semiáridas	Olivar localizado en las pequeñas vegas y ramblas del sureste, caracterizados por el acentuado déficit hídrico que debe ser compensado obligatoriamente mediante riego.
Olivar en mosaico de cuencas interiores	Olivar propio de los paisajes en mosaico de la montaña mediterránea, que ocupa tanto las vertientes - a menudo apoyándose en bancales y paratas - como las pequeñas vegas, el margen de acequias y caminos o mesetas, lomas y colinas de secano.
Olivar sobre llanuras, lomas y colinas de litología variada	Olivar emplazado en áreas con gran diversidad geomorfológica local, por lo que se presenta sobre distintos relieves - llanuras, lomas, colinas, cerros - y litología variada: sedimentos cuaternarios, marga calizas terciarias, arcillas triásicas, rocas intrusivas.

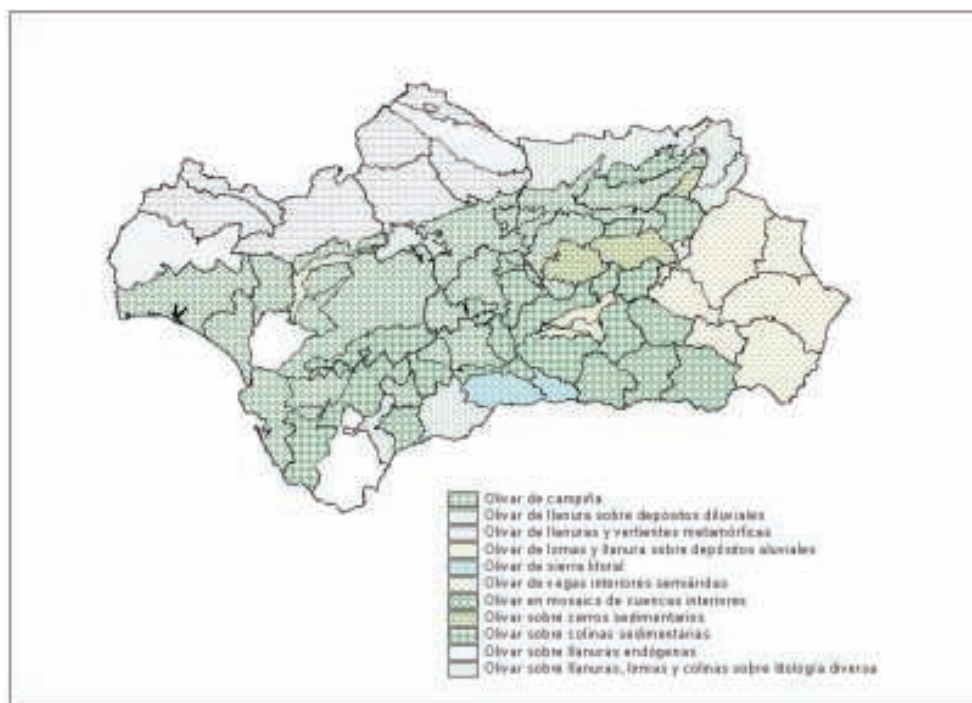


Figura 2. Distribución geográfica en Andalucía de las tipologías de olivar.

Como toda síntesis, es una aproximación que esconde en alguna de las unidades una notable heterogeneidad, fenómeno que se convierte, de hecho, en la principal característica territorial de las mismas.

En lo concerniente a la relación de los olivares con la biodiversidad, estas unidades presentan un comportamiento diferenciado. Si bien se carecen de estudios específicos que hayan abordado esta cuestión, los rasgos territoriales y culturales que definen a las unidades de paisaje ofrecen pistas interesantes sobre ello.

Un primer grupo de unidades está integrada por aquellas especialmente aptas para el cultivo del olivo: olivar de campiña, olivar sobre llanura de depósitos diluviales, olivar de lomas y llanuras sobre depósitos aluviales y olivar sobre colinas sedimentarias. En estas unidades el olivar adopta frecuentemente la forma de monocultivo. Se caracteriza por la elevada especialización productiva y la escasa diversidad a escala de paisaje. Integrados dentro de una matriz con una buena capacidad agrológica, los olivos comparten el espacio con otros cultivos agrícolas (cultivos herbáceos, frutales y viñedo) y con recintos urbanos. Las teselas dominadas por vegetación natural son relativamente escasas y están ligadas a áreas localmente poco fértiles (roquedos, afloramientos salinos, zonas húmedas, etc.) o a elementos de infraestructura (caminos, carreteras, espacios de recreo, etc.). En este ámbito se localizan los olivares intensivos y superintensivos; los olivares de marco tradicional, por su parte, suelen



estar sujetos a prácticas de manejo relativamente intensivas que minimizan la presencia de fauna y flora asociada.

Componen el segundo grupo los olivares de Sierra Morena sobre llanuras y vertientes metamórficas, los olivares sobre planicie de origen endógeno y los olivares de las Sierras Béticas sobre cerros sedimentarios. A menudo presentan una elevada uniformidad paisajística debido a la continuidad del olivar. Sin embargo, al estar incluidos en una matriz heterogénea con abundancia de áreas con escasa capacidad agrológica debido a las intensas pendientes o a la debilidad edáfica, el grado de heterogeneidad a escala de paisaje es notable. Las limitaciones del medio físico se traducen en una productividad reducida, lo que lleva aparejado una menor intensidad de las labores y otras prácticas de cultivo. Localmente cuentan con abundantes elementos estructurales (muretes de piedra seca, caminos y veredas, charcas, etc.). La fragilidad de estos olivares conduce a menudo a su abandono o a su adhesamiento para uso ganadero.

El tercer grupo está formado por los olivares de sierra litoral, los olivares en mosaico de cuencas interiores, los olivares sobre llanuras, lomas y colinas de litología variada y los olivares de vegas interiores semiáridas. Situados en un territorio caracterizado por su gran heterogeneidad, estos olivares entran a formar parte de un mosaico de cultivos y formaciones vegetales naturales, si bien el grado de complejidad de este mosaico se ha reducido en las últimas décadas como consecuencia de la crisis de la agricultura tradicional. Estos olivares pertenecen a comarcas naturales con una gran diversidad (Valle del Genal, Valle del Guadiaro, Alpujarra, Alto Andarax), en las que domina el minifundismo. La olivicultura se desarrolla a menudo en un contexto de cultivos de huerta, lo que amplía las posibilidades de asociación con otras especies. Por otro lado, este grupo también destaca por la variedad de formaciones naturales que ocupan espacios adyacentes a los olivares (alcornocales, quejigales, castañares, pinares, espartales, etc.). Otro rasgo característico es la frecuencia de elementos estructurales fruto de la actividad secular de domesticación de estos paisajes (albarradas, muretes, balates de piedra, etc.), que ofrecen especiales oportunidades como nichos para la fauna y flora.

### *La escala local o de parcela: los estilos de olivicultura*

Las prácticas de cultivo que se llevan a cabo en cada olivar en particular son determinantes en la definición de la relación del cultivo con la biodiversidad asociada. Prácticas que supongan una menor utilización de insumos o de energía implican, en general, un menor impacto sobre la fauna y la flora. También es posible encontrar, a igualdad de nivel de insumos, diferencias en el modo de aplicación y su oportunidad, lo que tendrá también efectos sobre la biodiversidad.

El olivar como agrosistema implica un manejo selectivo de la fauna y la flora. No es posible hacer agricultura respetando toda la biodiversidad en todas sus facetas, pues esto supondría la no intervención. Pero los equilibrios a que se lleguen entre el cultivo y la fauna y flora asociada varían en gran medida en virtud de las prácticas de cultivo que se lleven a cabo y del estilo de olivicultura al que se adhiera el olivicultor.

La preocupación por el estado del medio ambiente y los recursos naturales ha enraizado también en el olivar, de manera que se han incorporado importantes cambios en las prácticas de cultivo [77]. Un ejemplo de ello es la adopción de sistemas de manejo alternativos al laboreo mecánico del suelo como el manejo de cubiertas herbáceas: aunque desarrollados inicialmente para reducir la erosión, también tienen efectos sobre la biodiversidad edáfica y terrestre. La lucha biológica comparte su orientación de reducir la utilización de productos químicos con fines ligados a la calidad alimentaria con la de favorecer los mecanismos de regulación naturales de las plagas y enfermedades.

Cuando el conjunto de prácticas aplicadas a un cultivo se inscriben en un marco coherente e integrado, hablamos de sistemas o estilo de cultivo. Dos son los principales estilos de agricultura que incluyen entre sus principios la conservación de la biodiversidad: la agricultura ecológica y la producción integrada.

Practicar en el olivar la agricultura ecológica supone emplear técnicas de manejo alternativas a algunas de las empleadas en el olivar convencional, siguiendo las directrices del Reglamento 834/2007 del Consejo de la Unión Europea. En lo que se refiere a la fertilización, los abonos químicos son reemplazados por abonado verde con leguminosas, el majadero del ganado, la adquisición de estiércol, compost o abonos autorizados por la normativa, la aplicación de preparados vegetales y el compostaje de residuos del propio olivar como los restos de poda y orujo. El control de las plagas y enfermedades se lleva a cabo potenciando el control biológico natural, el trampeo, la aplicación de determinados preparados vegetales y, ocasionalmente, la utilización de productos autorizados. En cuanto al control de la flora adventicia competitiva, la olivicultura ecológica recurre a un conjunto de alternativas: laboreo, siega mecánica, pastoreo, cubiertas vegetales, etc. [78, 79, 80].

La agricultura ecológica es considerada como una gran oportunidad para la agricultura europea [81]. Se ha enfatizado su papel en la conservación del paisaje y su potencialidad para conservar y favorecer la biodiversidad, aunque son necesarios estudios particulares para poder demostrar esta hipótesis en cultivos específicos [82] pues los supuestos beneficios han sido escasamente cuantificados [83].

El olivar parece especialmente indicado para su transformación en agricultura ecológica debido a la comparativamente escasa intensificación de este cultivo, al menos en lo que se refiere a las plantaciones previas al surgimiento de la olivicultura superintensiva. Las condiciones de marginalidad territorial, sin ser determinantes, pueden incentivar el cambio hacia la olivicultura ecológica, al considerar esta modalidad de producción una oportunidad económica en un contexto de baja productividad.

### *Olivicultura integrada*

La producción integrada es otro de los estilos de agricultura que se enmarcan dentro del paradigma de la sostenibilidad. Existen diferentes definiciones de producción integrada, pero todas ellas coinciden en que se trata de un sistema de producción de alimentos de alta ca-

lidad a través de métodos sostenibles que sean respetuosos con el medio ambiente, que mantengan la rentabilidad de las explotaciones y que contemplen las demandas sociales en relación con las funciones de la agricultura. Es una agricultura que no descarta a priori ningún tipo de medio autorizado de entre los disponibles, pero su uso ha de ser razonado para que se minimice el impacto sobre el medio. Esto se consigue, según sus presupuestos, haciendo el máximo uso de los mecanismos de regulación naturales. En la práctica, supone una menor utilización de insumos y de un modo más racional (apoyándose en el conocimiento técnico y evitando tratamientos preestablecidos según calendario) que la agricultura convencional.

En la actualidad se contabilizan unas 230.000 ha de olivicultura integrada, que muestran una tendencia a localizarse en áreas olivareras en comarcas de óptima capacidad para el cultivo.

#### 4. La intensificación del olivar y su problemática para la conservación de la biodiversidad

La biodiversidad tiende a ser alta en los olivares gestionados de forma tradicional, ya que su diversidad estructural (arbolado, cubierta vegetal espontánea, manchas de vegetación natural, muretes de piedra seca, etc.) permite una gran diversidad de hábitats. Los árboles antiguos albergan una gran variedad y densidad de artrópodos que, junto a los frutos de los árboles, suponen una abundante fuente de alimentos para la avifauna [84]. También en la cubierta vegetal espontánea, el bajo uso de biocidas permite la existencia de una rica comunidad de flora e invertebrados.

Sin embargo, la aplicación intensiva de técnicas para aumentar la producción tiene un fuerte efecto negativo sobre la flora y fauna del olivar, y conlleva una considerable reducción de su diversidad y cantidad. Estos efectos se deben a dos factores:

- El impacto de las plaguicidas sobre los invertebrados. Algunos de los agroquímicos utilizados en el cultivo del olivar, tales como el Dimetoato y el Fenoxycarb, causan una dramática reducción de un amplio espectro de artrópodos, incluyendo algunos con una función muy beneficiosa de control de especies nocivas [85]. La reducción en las poblaciones de invertebrados afecta a su vez a las comunidades de vertebrados que se alimentan de ellos.
- La eliminación de la cubierta vegetal espontánea mediante un uso intensivo del laboreo y/o de los herbicidas. La diversa flora de dicha cubierta representa en sí una parte importante de la biodiversidad del olivar, además de constituir una base fundamental para el desarrollo de muchas de las especies de fauna asociados al olivar tradicional. Para aportar el máximo beneficio a estas especies, la flora espontánea debe perdurar durante la primavera. Una cubierta sembrada de un número limitado de especies no puede sustituir la función de la flora espontánea en cuanto a la biodiversidad.

Por otra parte, la diversidad estructural del olivar tradicional se reduce mediante su transformación en una plantación más racionalizada, concretamente como resultado de la limpieza

de las manchas de vegetación natural o pedregales que aún perduran, de los linderos tradicionales, e incluso del arbolado antiguo. Todo ello conlleva una significativa pérdida de hábitats, y de erosión de la llamada “infraestructura ecológica” del olivar [86].

Dicha racionalización puede afectar a las especies de aves que anidan en los troncos huecos de los árboles antiguos (por ejemplo, el mochuelo), o que crían o se alimentan de la vegetación espontánea alrededor de los olivos (codorniz, perdiz) o entre el arbolado en las plantaciones muy abiertas (Totovía y Alcaraván común), al perderse o modificarse muchos de esos elementos paisajísticos [87]. Otras especies de fauna aprovechadoras de los nichos aportados por árboles antiguos, muretes de piedra seca, etc., por ejemplo reptiles y pequeños mamíferos, sufrirán efectos similares.

El uso de los olivares mediterráneos como fuente de alimento por un gran número de aves migratorias de paso, tanto las provenientes del norte y centro de Europa como de África, está bien documentado. Sin embargo, la aplicación de plaguicidas de forma intensiva para el control de parásitos reduce la población de invertebrados y, al mismo tiempo, el valor de los árboles como fuente de alimento para ciertas especies de aves.

La expansión de las plantaciones de olivar que ha tenido lugar en las principales áreas productoras en los últimos años ha sido, a veces, a costa del bosque mediterráneo y otros tipos de vegetación natural. Estos hábitats tienen gran valor para la conservación, ya que constituyen un elemento de diversidad en un paisaje dominado por los olivares intensivos. Estos también se han establecido en zonas cerealísticas de especial importancia para las aves esteparias, por ejemplo en Córdoba y Málaga. Muchos de los hábitats perdidos con esa expansión del olivar se han ido sin dejar constancia, debido al escaso seguimiento oficial de tales cambios en el uso del suelo. Sin embargo, un proyecto local en Córdoba recogió más de 50 casos de roturación de bosque mediterráneo para nuevas plantaciones de olivar durante los años 90, algunos de ellos dentro de áreas protegidas como el Parque Natural de las Sierras Subbéticas.

## 5. Estrategias de mantenimiento y mejora de la biodiversidad en los olivares. Ejemplos prácticos y especies bioindicadoras

### 5.1. Especies indicadoras en el olivar

La Reforma de la Política Agraria Común (PAC) de la Unión Europea ha propuesto nuevos conceptos y actividades orientadas a la protección ambiental de los paisajes agrícolas [88]. Entre las distintas herramientas aplicables para alcanzar esos objetivos, se encuentran los denominados Indicadores Agroambientales que han sido planteados para alcanzar una amplia visión de la situación actual de los agroecosistemas. El concepto de especies indicadoras fue aplicado por primera vez en sistemas acuáticos [89], y posteriormente en sistemas terrestres [90], convirtiéndose en una novedosa herramienta para evaluar las afecciones ambientales, como contaminación, excesivo empleo de insumos en agricultura, inapropiado uso del agua, etc. [91].

En el olivar andaluz se ha mostrado que la influencia de distintos tipos de manejo puede ser identificada por diferencias en ciertas características de las hojas de olivo [92, 93], en la variabilidad bioquímica en el suelo [21] o en base a las comunidades de insectos que en ellos habitan [94, 95], puesto que responden a las prácticas agronómicas llevadas a cabo en el olivar, aunque la respuesta es diferente en cada grupo.

El uso de los artrópodos como bioindicadores está siendo utilizado en otros muchos agroecosistemas ya que es uno de los grupos de seres vivos más diverso en los ecosistemas terrestres y además, ocupan gran variedad de nichos funcionales a lo largo de amplias escalas espaciales y temporales [96, 90]. Otra característica de gran importancia es el hecho de que su biodiversidad está asociada con cambios en los usos agrícolas [97, 98, 99, 100, 101, 102], aunque es necesario tener en consideración que la relativa complejidad de las comunidades de artrópodos asociados a los cultivos está determinada por factores biológicos, ambientales y socio-culturales [103].

Los coleópteros es uno de los órdenes mejor representados en los ecosistemas, donde juegan un papel importante ya que p.e. contribuyen al control biológico natural [104, 105] o pueden ser utilizados como recurso alimenticio por las aves agrícolas [106]. Como resultado de su papel en los ecosistemas, su respuesta puede ser usada para detectar e identificar la naturaleza de la causa del impacto ambiental o cambios en la calidad ambiental [107], así como predecir el impacto de una perturbación [108], por lo que están siendo considerados como bioindicadores [90]. Los estudios llevados a cabo en Andalucía mostraron que los coleópteros que habitan en las copas de los olivos son muy abundantes y con un alto número de familias, representados principalmente por coccinélidos, escarabajos, crisomélidos, curculiónidos y apiónidos. La abundancia total y diversidad de coleópteros parecen ser mayor en olivares ecológicos que en otros tipos de manejos [109, 110]. Además, la familia de los coccinélidos es la más abundante en el olivar ecológico [111]. A fin de conocer la respuesta de esta familia en los distintos manejos, la utilización de morfoespecies, basadas en la identificación de individuos siguiendo características morfológicas externas, sin considerar rasgos taxonómicos [112], resultó ser útil al menos para hacer clasificaciones rápidas en cuanto al tipo de manejo en el cultivo. Este método quedó garantizado porque la validez de las morfoespecies de Coccinélidos fue comparada con las especies y los resultados fueron similares, resultando las especies *Scymnus mediterraneus* Iablokoff-Khnzorian, 1972 y *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758 ser las más abundantes en los olivares ecológicos [111].

El papel de las arañas como indicadores ha sido también ampliamente documentado en la literatura científica [113, 114], ya que son abundantes y diversas en la mayor parte de los sistemas terrestres; taxonómicamente es un grupo rico en especies, géneros y familias; tienen una considerable variedad de estilos y de vida y especializaciones ecológicas; muchas especies pueden ser observadas y recolectadas de forma sencilla; algunas tienen un valor añadido como depredadoras en el contexto de manejo de plagas. Además, las arañas de suelo responden a cambios microclimáticos y en la estructura del suelo más rápidamente que otros organismos con capacidad bioindicadora como las plantas [102]. A diferencia de los coleópteros, la diversidad de arañas entre los diferentes manejos en el olivar no mostraron diferencias [50], lo cual está de acuerdo con estudios llevados a cabo en otros agroecosistemas [14].

Los análisis multivariantes demostraron que mediante métodos de clasificación (análisis discriminante) es posible discriminar más del 70% de fincas olivereras con manejo ecológico y no ecológico contando principalmente con la abundancia de coleópteros [115]. Los métodos de ordenación (RDA, CCA) no permitieron definir, ni para las arañas ni coleópteros, de una manera clara el manejo agronómico ecológico, sin embargo en ambos casos la presencia de cubiertas vegetales y setos marginales, la no aplicación de herbicidas o plaguicidas favorecieron la presencia de coleópteros y arañas [50, 115]. A la vista de los resultados obtenidos para los olivares estudiados en Andalucía, se puede indicar que aunque las comunidades de las arañas y coleópteros no varían en una escala según manejos, la presencia y riqueza de algunas de sus especies se vio favorecida por la aplicación de prácticas agronómicas más sostenibles.

A medida que aumenta la escala espacial y temporal, la búsqueda del grupo taxonómico indicador del tipo de manejo se vuelve más complejo, puesto que no sólo las variables climáticas interanuales e interregionales entran en juego, sino también las propias necesidades del agricultor que modifica sus prácticas permitidas dentro del tipo de manejo que aplica. Además, la configuración de los paisajes y las tradiciones en los usos del suelo de cada zona interfieren en la abundancia y distribución de la artropodofauna.

## **5.2. Gestión del hábitat aplicada a vertebrados en el olivar**

Las principales relaciones que las comunidades de vertebrados mantienen en los ecosistemas son con su hábitat. El hábitat es el soporte de la mayoría de recursos que las especies necesitan y de las actividades vitales que desarrollan. Es por ello que la gestión del hábitat se considera como una de las principales formas de actuar sobre un ecosistema [116, 117].

En esencia los manejos agrícolas no son sino una gestión del hábitat, pero enfocada al beneficio de la producción del cultivo. Normalmente, y en el caso del olivar lo es, esta gestión perjudica a la comunidad de vertebrados. Otro tipo de gestiones de hábitat, enfocadas al beneficio de la biodiversidad, sin perjuicio de la producción del cultivo, serían las deseables en un marco de sostenibilidad ambiental. Para otro tipo de ecosistemas e incluso cultivos agrícolas existen manuales y experiencias concretas de gestión de hábitat enfocadas a la fauna, véase por ejemplo [118, 119, 120, 121]. En el caso del olivar las experiencias en este campo son escasas [64]. A continuación se detallan algunas medidas de gestión de hábitat para la fauna en el olivar:

### **1) Cubiertas vegetales**

La siembra o mantenimiento de una vegetación herbácea en las calles del olivar, en vez de su erradicación total con laboreo o de forma química, beneficia a las aves y a muchos mamíferos pequeños. Permite que recursos básicos como el alimento o el refugio y la cobertura para nidificar persista en las épocas críticas.

### **2) Mantenimiento de ruedos**

La limpieza de vegetación de los ruedos se realiza justo cuando muchas aves que nidifican en el suelo están incubando. Se destruyen nidos y los que se encuentran se dejan con un rodal

que sólo hace llamar la atención de predadores, aumentando las tasas de fracaso reproductor. Sería deseable no tocar esos ruedos y dejar al menos una orla de ruedos en su entorno sin limpiar. Hay que destacar, además, que los ruedos tienen un papel principal para la fauna frente a las calles en el olivar.

### 3) Ramones y varetas

Algo similar ocurre con las varetas y los restos de poda, siempre que estén libres de barretillo. Tanto aves como mamíferos usan los montones de ramón que se acumulan en las calles para refugiarse o como madriguera. Si el acúmulo de estos restos se hiciera en los linderos o en zonas donde no estorbasen, servirán como vivares o facilitarían cobertura.

### 4) Linderos

La limpieza excesiva de linderos es uno de los principales problemas de la fauna en el olivar. Primero porque se eliminan, al igual que en las calles, la cobertura, el refugio y los bancos de insectos y pequeñas presas. Segundo porque reducirlos a su mínima expresión facilita la predación. Los linderos deben mantenerse y, a ser posible, incrementar su superficie con una franja paralela de ancho variable de terreno sin laborear.

### 5) Reservas de laboreo y cosecha

La reserva de pequeñas parcelas del olivar, rotatorias anualmente, sin laborear y cosechar, facilitaría refugio y alimento. En el caso de las especies a potenciar en el olivar, siempre será mejor la existencia de varias parcelas pequeñas que la de una única y grande. Como alternativa se podrían dejar ramas sin cosechar o un pequeño porcentaje de aceituna en todo el árbol sin recoger, en series de olivos dispersos.

### 6) Siega a diente

El uso del ganado a pequeña escala para la siega y limpieza de vegetación en las calles del olivar es una alternativa factible que beneficia a la fauna. Puede ser un buen complemento para usar con las cubiertas vegetales.

### 7) Herbicidas

El uso de herbicidas de bajo impacto o el no abuso de estos productos en general es una medida de gestión que beneficia a toda la fauna en general.

### 8) Riego

Los goteros y sistemas de riego son puntos de atracción para la fauna, sobre todo en épocas de estrés estival. Alrededor de ellos crece la vegetación y suele haber insectos. La dispersión de estos sistemas puede evitar concentraciones de fauna que suelen conllevar alto riesgo de predación. Evitar el uso de aditivos con sustancias tóxicas para la fauna en el agua de riego es básico para que no se produzcan fenómenos de envenenamiento o bioacumulación y magnificación.

## 6. Referencias

- 1- Wilson, E. O. 1992. *The diversity of life*. Harvard Univ. Press, Cambridge.
- 2- Primack, R. B. 1993. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Ass, New York.
- 3- Swift, M. J. y Anderson, J. M. 1993. Biodiversity and ecosystem function in agroecosystems. En: Schultze, E., Money, H. A. (eds.) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer, New York, pp. 57-83.
- 4- Simmons, I. G. 1989. *Changing the face of the Earth. Culture, environment, history*. Blacwell Publishers. Oxford.
- 5- Naredo, J. M. 1996. *La evolución de la agricultura en España (1940-1990)*. Serv. Pub. Universidad de Granada. Granada, Granada..
- 6- Guzmán, J. R. 2004. *El palimpsesto cultivado. Historia de los paisajes del olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.
- 7- Naredo, J. M. 1983. La crisis del olivar como cultivo biológico tradicional. *Agricultura y Sociedad*, 26: 167-266.
- 8- Rallo, L. 1998. La olivicultura en la hora de la ciencia y la innovación. *Olivae*, 72: 42-51.
- 9- Altieri, M. A. 1994. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. Haworth Press. New York.
- 10- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 19-31.
- 11- Pimentel, D., Wilson, C., Mc Cullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. y Cliff, B. 1997. "Economic and environment benefit of biodiversity". *Bioscience*, 47: 747-757.
- 12- Mc Laughlin, A. y Mineau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 55: 201-212.
- 13- Burel, F., Braudy, J., Butet, A., Clergeau, P., Delettred, Y., Le Coeur, D., Dubs, F., Morvand, N., Paillat, G., Petit, S., Thenail, C., Brunel, E. y Lefeuvre, J. C. 1997. Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes. *Acta Oecologica*, 19: 47-60.
- 14- Weibull, A. C., Östman, Ö. y Granqvist, A. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1335-1355.
- 15- Barranco, D., Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. 2001. *El cultivo del olivo*. Editorial Mundi Prensa – Junta de Andalucía. Madrid.
- 16- Pastor, M. 2005. *Cultivo del olivo con riego localizado*. Editorial Mundi Prensa - Junta de Andalucía. Madrid.
- 17- VVAA. 2003. *El olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca.
- 18- Papendick, R. I. y Parr, J. F. 1992. Soil quality – The key to a sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7: 2-3.
- 19- Nannipieri, P. 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst, C. E., Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R., Grace P. R., (Eds). *Soil biota. Management in sustainable farming systems*. CSIRO, East Melbourne, pp. 238-244.
- 20- Benítez, E., Melgar, R. y Nogales, R. 2004. Estimating soil resilience to a toxic organic waste by measuring enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 1615-1623.
- 21- Benítez, E., Nogales, R., Campos, M. y Ruano, F. 2006. Biochemical variability of olive-orchard soils under different management systems. *Applied Soil Ecology*, 32: 221-231.



- 22- Moreno, B., García-Rodríguez, S., Cañizares, R., Castro, J. y Benítez, E. 2009. Rainfed olive farming in southeast Spain: long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131:333-339.
- 23- Pajarón, M. 2008. *El olivar ecológico*. Fertilidad de la Tierra (ed). Estella. 160 pp.
- 24- Calvente R., Cano C., Ferrol N., Azcón-Aguilar C. y Barea J.M. (2004). Analysing natural diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in olive tree (*Olea europaea* L.) plantations and assessment of the effectiveness of native fungal isolates as inoculants for commercial cultivars of olive plantlets. *Applied Soil Ecology*, 26; 11-19.
- 25- Torsvik, V. y Øvreås, L. 2002. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, 5: 240-245.
- 26- Contento, A., Ceccarelli, M., Gelati, M. T., Maggini, F., Baldoni, L. y Cionini, P. G. 2002. Diversity of *Olea* genotypes and origin of cultivated olives. *Theoretical and Applied Genetics*, 104: 1229-1238.
- 27- Besnard, G. y Berville, A. 2000. Multiple origins for Mediterranean olive (*Olea europaea* L. ssp. *europaea*) based upon mitochondrial DNA polymorphisms. *Life Sciences*, 323: 173-181.
- 28- Lumaret, R. y Ouazzani, N. 2001. Ancient wild olives in Mediterranean forests. *Nature*, 413: 700.
- 29- Liphshitz, N., Gophna, R., Hartman, M. y Biger, G. 1991. The beginning of Olive (*Olea europaea* L.). Cultivation in the old world: a reassessment. *J. Archaeol. Sci.*, 18: 441-453.
- 30- Martínez, M. J., Molero, J. y Blanca, G. 2002. On the historical presence of the wild olive (*Olea europaea* L. var. *sylvestris*) in the Eurosiberian region of the Iberian Peninsula. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 59: 342-344.
- 31- Vargas, P. y Kadereit, J. W. 2001. Molecular fingerprinting evidence (ISSR) for a wild status of *Olea europaea* L. (Oleaceae) in the Eurosiberian North of the Iberian Peninsula. *Flora*, 196: 142-152.
- 32- Lumaret, R., Ouazzani, N., Michaud, H. y Villemur, P. 1997. Cultivated olive and oleaster: two closely connected partners of the same species (*Olea europaea* L.): evidence from allozyme polymorphism. *Bocconea*, 7: 39-42.
- 33- Lumaret, R., Ouazzani, N., Michaud, H., Vivier, G., Deguilloux, M. F. y Di Giusto, F. 2004. Allozyme variation of oleaster populations (wild olive tree) in the mediterranean basin. *Heredity*, 92: 343-351.
- 34- Zahorí, D. y Hopo, M. 1993. *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford University Press, Oxford
- 35- Nieto, J. M., Pérez, A. y Cabezudo, B. 1991. Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España). *Acta Botanica Malacitana*, 16: 417-436.
- 36- Rivas-Martínez, S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Madrid. 268 pp.
- 37- Blanco, E., Casado, M. A., Costa, M., Escribano, R., García, M., Génova, M., Gómez, A., Gómez, F., Moreno, J. C., Morla, C., Regato, P. y Sainz, H. 1997. *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Ed. Planeta, Barcelona.
- 38- García, A. y Cano, E. 1995. *Malas hierbas del olivar giennense*. Instituto de Estudio Giennenses, Diputación Provincial de Jaén, Jaén.
- 39- Pujadas-Salvà, A. 1989. *Flora arvensis y ruderal de la provincia de Córdoba*. Serv. Pub. Universidad de Córdoba, Córdoba.

- 40- Saavedra, M. y Pastor, M. 2002. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de Malas Hierbas y herbicidas*. Ed. Agrícola Española.
- 41- Duarte, J. 1998. La perdiz roja (*Alectoris rufa*) en el olivar: métodos de estimación demográfica. Tesis de licenciatura. Universidad de Málaga, Málaga.
- 42- Vargas, J. M. y Cardo, M. 1996. El declive de la perdiz roja en el olivar. *Trofeo*, 317: 23-27.
- 43- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M. D. y Saavedra, M. 1997. *La erosión y el olivar: cultivo con cubierta vegetal*. Comunicaciones I+D agroalimentaria, num.22. Consejería Agricultura y pesca. Junta de Andalucía.
- 44- Saavedra, M. 1994. Diversidad de flora en olivar y manejo de herbicidas. *Phytoma España*, 63: 74-79.
- 45- Arambourg, 1986. *Traité d'entomologie oléicole*. Ed. COI, Madrid, pp.360.
- 46- Varela, J. M. y González, R. 1999. Estudio sobre la entomofauna de un olivar de la provincia de granada, durante el periodo de vuelo de la generación antófaga de *Prays oleae* Bern. (Lep., Yponomeutidae). *Phytoma*, 111: 42-55.
- 47- Ruiz, M. y Montiel, A. 2000. Introducción al conocimiento de la entomofauna del olivar en la provincia de Jaén. Aspectos cualitativos. (I). *Bol. San. Veg. Plagas*, 26:129-147.
- 48- Morris, T., Campos, M., Kidd, N. A. C. y Symondson, W. O. C. 1999. Dynamics of the predatory arthropod community in Spanish olive groves. *Agricultural and Forest Entomology*, 1: 219-228.
- 49- Redolfi, I., Tinaut, A., Pascual, F. y Campos, M. 1999. Qualitative aspects of myrmecocenosis (Hym., Formicidae) in olive orchards with different agricultural management in Spain. *J. Appl. Entomol.*, 123: 621-627.
- 50- Cárdenas, M. 2008. *Análisis de la actividad ecológica de las arañas en el agroecosistema del olivar*, Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada.
- 51- Pajarón, M. 1997. Manual del olivar ecológico. I Jor. Med. Olivar Ecol., *Ecoliva* 97, II, 137-168.
- 52- Sánchez, J. 2004. La biodiversidad: un componente clave para la sostenibilidad de los agroecosistemas. En: *Manual de olivicultura ecológica*. Univ. Córdoba.
- 53- Croveti, A. 1996. La defensa fitosanitaria, Desarrollo de metodologías y salvaguarda de la producción y del medioambiente. En: *Enciclopedia mundial del olivo*, ed. COI, 225-250.
- 54- Cirió, U. 1997. Productos agroquímicos e impacto ambiental en olivicultura. *Olivae*, 65: 32-39.
- 55- Ruiz, M. y Montiel, A. 2001. Introducción al conocimiento de la entomofauna del olivar en la provincia de Jaén. Aspectos cuantitativos. (II). *Bol. San. Veg. Plagas*, 27:531-560.
- 56- Heim, G. 1984. Effects of insecticide sprays on predators and in different arthropods found on olive trees in the north of Lebanon. Ed. AAB "*Integrated pest control in olive groves*". Pp. 456-465.
- 57- Rodríguez, E., Peña, A., Sánchez-Raya, A y Campos, M. 2003. Evaluation of the effect on arthropod population by using deltamethrin to control *Phloeotribus scarabaeoides* Bern (Coleoptera, Scolitydae) in olive orchards. *Chemosphere*, 52: 127-134.
- 58- Ruano, F., Lozano, C., Tinaut, A., Peña, A., Pascual, F., García, P. y Campos, M. 2001. Impact of pesticides on beneficial arthropod fauna of olive groves. *IOBC Bull.*, 24(4): 113-120.

- 59- Corrales, N. y Campos, M. 2004. Populations, longevity, mortality and fecundity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae) from olive-orchards with different agricultural management systems. *Chemosphere*, 57: 1613-1619.
- 60- Cárdenas, M., Cotes, B., Fernández, M. L., Castro, J. y Campos, M. 2006. Impact of cover-crop removal on soil arthropods in organic olive orchards. *Olivebioteq "Biotechnology and Quality of Olive Tree Product around the Mediterranean Basin, II*, 153- 156.
- 61- Redolfi, I., Tinaut, A., Pascual, F. y Campos, M., 2004. Densidad de nidos de la comunidad de hormigas (Formicidae) en tres olivares con diferente manejo agronómico en Granada, España. *Ecol. Apl.* 3(1, 2): 73-81.
- 62- Guzmán, G y Alonso, A. 2004. El manejo del suelo en olivar ecológico. En: *Manual de olivicultura ecológica*. Ed. Universidad de Córdoba, p. 28-51.
- 64- Pastor, M., Castro, J., Saavedra, M., Humanes, M. D., Pajarón, M., Cívantos, L., Alvarado, M. y Caballero, J. 1999. *Cultivo del olivar en zonas de especial protección ambiental*. Informaciones técnicas 65/99. Junta de Andalucía.
- 65- Boller, E. F., Avilla, J., Jörg, E., Malavolta, C., Wijnands, F. G. y Esbjerg, P. 2004. *Guidelines for integrated production. Principles and technical guidelines*, 2ª Ed. Bull. OILB/Stop, 27 (2), 49p.
- 66- Nicholls, C. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*, 1: 37-48.
- 67- McEwen, P. and Ruiz, J. 1994. Relationship between no-olive vegetation and green lacewing eggs in Spanish olive orchard. *Antenna*, 18: 148-150.
- 68- González, B., Rodríguez, E., Fernández, F., Cívantos, M. y Campos, M. 2004. Influencia del manejo del suelo en las poblaciones de artrópodos en el cultivo del olivo. III Jornadas Técnicas Aceite Oliva: 93-104.
- 69- Katsoyannos, P. 1992. *Olive pests and their control in the Near East*. FAO, 178 pp.
- 70- Torres, L., 2007. *Manual de Protecção Integrada do Olival*. Ed. J. Azevedo, Tras-os-Montes e Beira Interior, 433pp.
- 71- Pleguezuelos, J. M., Márquez, R. y Lizana, M. 2004. *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española. Madrid.
- 72- Duarte, J. y Vargas, J. M. 1998. Situation de la perdrix rouge (*Alectoris rufa*) et de la lièvre ibérique (*Lepus granatensis*) dans le sur de l'Espagne. Perspective de gestion de ce type d'habitat. *Bull. Mens. Office National de la Chasse*, 236: 14-23.
- 73- Duarte, J. y Vargas, J. M. 2001. Mamíferos predadores de nidos de perdiz roja (*Alectoris rufa*) en olivares del sur de España. *Galemys*, 13: 47-58.
- 74- Borralho, R., Stoate, C. y Araújo, M. 2000. Factors affecting the distribution of red-legged partridges in an agricultural landscape of Southern Portugal. *Bird Study*, 47: 304-310.
- 75- Guzmán, J. R. 2005. *Territorio y medio ambiente en el olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- 76- Guzmán, J. R. 2004b. *Geografía de los paisajes del olivar andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- 77- Guzmán, J. R. 1999. Olivar y ecología: estado de la cuestión en España. *Olivae*, 78: 41-49.

- 78- Alonso, A., Guzmán, G. I. y Serrano, C. 2002. Estudio comparativo de la producción ecológica y convencional de aceite de oliva en la comarca de Sierra Mágina (Jaén). *V congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*. Gijón, pp.: 599-609.
- 79- Alonso, A. 2003. *Análisis de la sostenibilidad agraria: el caso del olivar en al comarca de Los Pedroches (Córdoba)*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Córdoba.
- 80- Sánchez, J. L. 2003. *Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de manejo de olivares ecológicos y convencionales en Los Pedroches*. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. Sevilla
- 81- Lampkin, N. 1999. Organic farming in the European Union: overview, policies and perspectives. *Proceeding of the Organic Farming in the EU. Perspectives for the 21 Century*. Baden. Austria.
- 82- Bengtsson, J., Ahnström y Weibull, A. C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42: 261-269.
- 83- MacNaeidhe, F. S. y Culleton, N. 2000. The application of parameters designed to measure nature conservation and landscape development on Irish farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77: 65-78.
- 84- Parra, F. 1990. *La dehesa y el olivar*. Enciclopedia de la Naturaleza de España. Editorial Debate/Adena-WWF España, Madrid.
- 85- Cirio U. 1997b. Agrichemicals and Environmental Impact in Olive Farming. *Olivae* 65, February 1997. International Olive Oil Council, Madrid.
- 86- Kabourakis, E. 1999. Code of practices for ecological olive production systems in Crete. *Olivae*, 77: 46-55.
- 87- Pain, D. 1994. Case studies of farming and birds in Europe: olive farming in Portugal. *Studies in European Agriculture and Environment Policy No9*, RSPB, Birdlife International.
- 88- Yli-Viikaria, A., Hietala-Koivub, R., Huusela-Veistolaa, E., Hyvönena, T., Perälää, P. y Turtolaa, E. 2007. Evaluating agri-environmental indicators (AEIs)—Use and limitations of international indicators at national level. *Ecological Indicators*, 7: 150-163.
- 89- Wihlm, J. L. y Dorris, T. C. 1968. Biological parameters for quality criteria. *BioScience*, 8: 477-481.
- 90- McGeoch, M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 73: 181-201.
- 91- Paoletti, M. G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 1-18.
- 92- Ruano, F., Campos, M. y Soler, J. J. 2003. Differences in leaves of olive trees under organic, integrated, and conventional pest management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97: 353-357.
- 93- Ruano, F., Fernández-Sierra, M. L., Campos, M. y Soler, J. J. 2008. The leaf morphology in olive trees as indicator of management system: sources of variation.
- 94- Ruano, F., Lozano, C., García, P., Peña, A., Tinaut, A., Pascual, F. y Campos, M. 2004. Use of arthropods for the evaluation of the olive-orchard management regimes. *Agriculture and Forest Entomology*, 6: 111-114.
- 95- Santos, S. A. P., Pereira, J. A., Torres, L. M. y Nogueira, A. J. A. 2007. Evaluation of the effects, on canopy arthropods, of two agricultural management systems to control pests in olive groves from north-east of Portugal. *Chemosphere*, 67: 131-139.

- 96- Kremen, C., Colwell, R. K., Erwin, T. L., Murphy, D. D., Noss, R. F., y Sanjayan, M. A. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology*, 7: 796-808.
- 97- Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 35-78.
- 98- Büchs, W., Harenberg, A., Zimmermann, J., y Weiß, B. 2003. Biodiversity, the ultimate agri-environmental indicator? Potential and limits for the application of faunistic elements as gradual indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 99-123.
- 99- Heyer, W., Hülsbergen, K. J., Wittman, C., Papaja, S. y Christen, O. 2003. Field related organisms as possible indicators for evaluation of land use intensity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 453-461.
- 100- Kleijn, D., Berendse, F., Smit, R., y Gilissen, N. 2001. Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes? *Nature*, 413: 723-725.
- 101- Muramoto, J. y Gliessman, S. R. 2006. Bioindicators: Use for Assessing Sustainability of Farming Practices. En: *Encyclopedia of Pest Management*, pp. 1-5. Taylor & Francis.
- 102- Perner, J. y Malt, S. 2003. Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 169-181.
- 103- Liss, W. J., Gut, L. J., Westigard, P. H. y Warren, C. E. 1986. Perspectives on arthropod community structure, organization, and development in agriculture crops. *Annual Review of Entomology*, 31: 455-478.
- 104- Iperiti, G. 1999. Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 323-342.
- 105- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 187-228.
- 106- Holland, J. M. y Luff, M. L. 2000. The Effects of Agricultural Practices on Carabidae in Temperate Agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews*, 5: 109-129.
- 107- Çilgi, T. 1994. Selecting arthropod "indicator species" for environmental impact assessment of pesticides in field studies. *Aspects of applied Biology*, 37: 131-140.
- 108- Bohac, J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 357-372.
- 109- Cotes, B. 2009. La entomofauna como indicadora del tipo de manejo en el olivar. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada, 202 pp.
- 110- Cotes, B., Campos, M., García, P. A., Pascual, F. y Ruano, F. 2008b. Selecting coleopteran families as indicators of olive farming systems in southern Spain (enviado).
- 111- Menalled, F. D., Lee, J. C. y Landis, D. A. 1999. Manipulating carabid beetle abundance alters prey removal rates in corn fields. *Biocontrol*, 43: 441-456.
- 112- Cotes, B., Ruano, F., García, P. A., Pascual, F. y Campos, M. 2009. Coccinellid morphospecies as an alternative method for differentiating management regimes in olive orchards. *Ecological Indicators*, 9: 548-555.
- 113- Krell, F. T. 2004. Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies-pitfalls and applicability of "morphospecies" sorting. *Biodiversity and Conservation*, 13: 795-812.

- 114- Marc, P., Canard, A., y Ysnel, F. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 229-273.
- 115- New, T. R. 1999. Untangling the web: spiders and the challenges of invertebrate conservation. *Journal of Insect Conservation*, 3: 251-256.
- 116- Cotes, B., Campos, M., García, P. A., Pascual, F. y Ruano, F. 2009. Using high insect taxa as indicators of olive farming systems in different provinces in southern Spain. *Agricultural and Forest Entomology* (in press).
- 117- Gilbert, O. L. y Anderson, P. 1998. *Habitat creation and repair*. Oxford Univ. Press. New York.
- 118- Sutherland, W. J. y David, A. H. 1995. *Managing habitats for conservation*. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- 119- Camprodon, J. y Plana, E. 2001. *Conservación de la biodiversidad y gestión forestal. Su aplicación en la fauna vertebrada*. Ed. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- 120- Dodds, G. W., Appleby, M. J. y Campbell, L. 1996. A management guide to birds of upland farmland. RSPB Management guides.
- 121- González, L. M. y San Miguel, A. 2004. *Manual de buenas prácticas de gestión en fincas de monte mediterráneo de la Red Natura 2000*. Ed. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Serie Técnica. Madrid.
- 122- Winspear, R. Y Davies, G. 2005. A management guide to birds of lowland farmland. RSPB management guides.
- 123- Cárdenas, M., Ruano, F., García, P., Pascual, F. y Campos, M. 2006. Impact of agricultural management on spider populations in the Canopo of olive trees. *Biological Control*, 38: 188-195



## CAPÍTULO 6 A: ESTRATEGIAS DE FUTURO PARA EL SECTOR OLEÍCOLA ANDALUZ

Francisco Barea Barea<sup>1</sup>, Pedro Ruíz Avilés<sup>2</sup>

IFAPA, Centro "Alameda del Obispo". Apdo. 3092 Córdoba  
Email: 1 francisco.barea@juntadeandalucia.es y 2 pedro.ruiz.aviles@juntadeandalucia.es

### Introducción

El sector oleícola español mantiene un crecimiento continuado durante las últimas décadas, tanto en la producción como en la ampliación de superficies, expansión del regadío, modernización de almazaras y mejora de la calidad. Igualmente, ha comenzado un proceso de integración asociativa para la concentración de la oferta y mejora de la comercialización que, a medio camino, parece desbordado en sus posibilidades de actuación por la irrupción con fuerza de la marca blanca y la concentración en la distribución y en la industria de refinación, envasado y comercialización.

Nuevos retos, como el de un inusitado interés desde muy amplias áreas en el mundo hacia una olivicultura intensiva y superintensiva que se ofrece como una nueva versión de la explosión vitivinícola, al tiempo que la amenaza en los mercados de mezclas de aceite de oliva con los de semillas vegetales, exigen también acelerados cambios en un sector que no acaba de modernizarse. Frente a tanto mensaje triunfalista de que todo parecía ir de maravilla, la cruda realidad actual de unos precios de mercado reiteradamente por debajo de los niveles mínimos de supervivencia para un amplio porcentaje de explotaciones, obliga a replantearse con urgencia las bases que han de garantizar la viabilidad futura de la mayor parte de nuestras áreas productivas. Con este trabajo tratamos de reflejar los cambios, las principales claves del problema y sus posibles vías de solución.

### 1. Desarrollo de la olivicultura andaluza y española. Causas

#### 1.1. Incremento en la producción

Probablemente, como primer factor de impulso en las producciones, hemos de citar la progresiva mejora del cultivo con la racionalización de prácticas culturales de tipo clásico desarrollada en España a partir de los años setenta: Fertilización, poda, manejo del suelo, control fitosanitario, riegos de apoyo donde era posible, y mecanización en sus diversas fases, e introducción de equipos que facilitasen la recolección. Fue una vía de escape hacia la productividad ante unos precios de mercado especialmente bajos. Entre 1970 y 1990 el sector oleícola español experimentó un crecimiento continuado de unas 10.000 toneladas anuales



de aceite de oliva, pasando de 400.000 Tm como cosecha media a 600.000 Tm, lo que representa un incremento en 20 años del 50 %.

El ingreso de España en las Comunidades Europeas en enero de 1986, con un tratamiento para el olivar más favorable que el anteriormente mantenido en España, provocó que, pese al efecto retardador de un prolongado proceso transitorio, a partir de 1990 se iniciase una fase expansiva en el sector en que, junto al incremento en las plantaciones, se avanzase en las puestas en riego, al tiempo que se modernizaba el conjunto del sector industrial. Almazaras, extractoras, refinadoras, envasadoras, comercializadoras y exportadoras, se adaptaron progresivamente a las crecientes necesidades del sector y a la demanda de mayor calidad de los consumidores. Entre 1990 y 2008, España ha duplicado su producción de aceite de oliva, incidiendo con ello de manera fundamental en un crecimiento casi paralelo en las disponibilidades mundiales.

La evolución de producciones de aceite de oliva mundial, comunitaria y de los distintos países productores europeos, sobre la base de datos del Consejo Oleícola Internacional (COI), puede verse en el Gráfico número 1. Claramente puede observarse el paralelismo entre las producciones española, comunitaria y mundial, lo que indica la excepcional importancia de las producciones españolas sobre las disponibilidades y, en consecuencia, sobre el mercado mundial de aceite de oliva. Andalucía, con una participación del 83 % sobre la producción española, representa el principal escenario de cambios, a nivel mundial, en el sector.

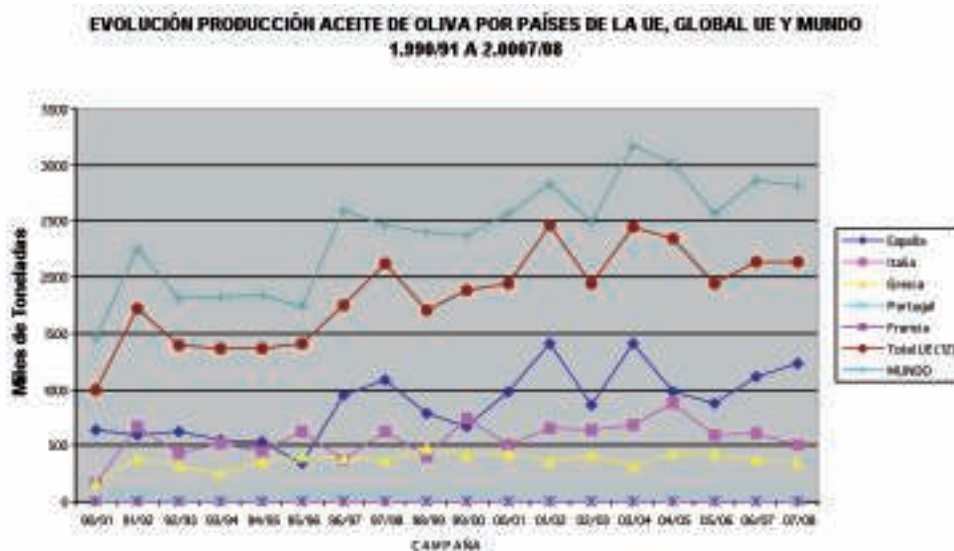


Figura 1: Fuente: Elaboración propia en base a datos del Consejo Oleícola Internacional (COI)

## 1.2. Nuevas plantaciones y expansión del olivar en regadío

Junto al crecimiento en la producción, los recientes cambios estructurales del sector permiten esperar que el avance en la producción y calidad, a un ritmo similar, se prolonguen hasta un escenario de al menos otra década.

Las nuevas plantaciones de olivar, realizadas fundamentalmente entre 1994 y 1999 [1], y en su mayor parte mediante el sistema intensivo (en torno a 200 plantas por hectárea y frecuentemente con riego), han originado que, como puede observarse en Gráfico N° 2, las superficies de olivar entre 1996<sup>1</sup> y 2008 se incrementen en 227.852 ha en Andalucía y 288.337 en España, superando en 160.727 hectáreas el anterior récord de superficie del olivar español de 1967: 2.392.000 ha. Entre 1993<sup>2</sup> y 1996, la superficie andaluza de olivar se incrementó en 77.878 hectáreas.

Más importante y laborioso que el proceso de nuevas plantaciones, ha sido la expansión y modernización del regadío en olivar, mediante iniciativa privada, generalmente con bajos consumos de agua, en riego por goteo, y en buena medida aprovechando épocas de bajo consumo en las zonas tradicionales de riegos, para embalsar. Desde estas balsas, situadas generalmente en elevaciones del terreno, se riega posteriormente por gravedad. Especialmente en la Provincia de Jaén, desde cuya Comarca de La Loma de Úbeda se inició la fuerte expansión del regadío en olivar, ya desde los años 70 mediante la constitución de Agrupaciones –privadas- de Puesta en Riego (SAT).

Entre 1996 [1] y 2006, y en base a la misma fuente: Encuesta de superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE) del MAPA -Hoy MARM- las superficies de olivar de riego se han incrementado en España en 443.954 hectáreas, de ellas 352.807 (79,47 %) en Andalucía. Durante los diez años anteriores, ya se había incrementado ésta superficie en España – y proporcionalmente en Andalucía, en otras cien mil hectáreas. La evolución de aquellas superficies, detallada para cada provincia andaluza, entre 1997 y 2005, se muestra en Gráfico N° 3. Destaca el crecimiento en las superficies de riego en Jaén, Sevilla y Granada, así como globalmente en Andalucía, en relación con el resto de España.

La modernización de los regadíos andaluces y españoles, como instrumento fundamental en la política de optimización de los recursos hídricos, ha tenido un extraordinario impulso a partir de 2002.

El Real Decreto 329/2002, de 5 de abril, aprobó el Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008 como instrumento básico para la modernización, ordenación y fomento de los regadíos españoles. Uno de los objetivos es la modernización de las infraestructuras de distribución y aplicación del agua de riego para racionalizar el uso y reducir la contaminación de origen agrario de las aguas superficiales y promover inversiones en los sistemas de riego para reducir los consumos de agua [2]

---

1 La Encuesta sobre superficies y rendimiento de cultivos (ESYRCE) MAPA, de 1996 aún no contempla los datos de Navarra, Aragón, Cataluña y Baleares, que ya aparecen en la de 1997. A fin de no distorsionar una visión correcta de la evolución, se suman los respectivos datos de éstas regiones a los de España de 1.996.

2 Datos de la Encuesta de superficies y rendimientos de cultivos. No existen datos en la misma del resto de España hasta 1.996, por lo que sólo aportamos el dato para Andalucía.

Esta norma preveía la consolidación y mejora de 1.134.891 hectáreas del regadío existente en España. En Andalucía se han modernizado 285.000 hectáreas. Parte de ésta modernización ha beneficiado directamente a muchos olivares andaluces y españoles de regadío, al tiempo que, al redundar en un ahorro en el consumo de agua, tanto por evitar pérdidas en las redes de conducción como por mayor eficiencia en los sistemas de riego, está permitiendo afrontar en mejor situación la difícil coyuntura de suministro en periodos de sequía.

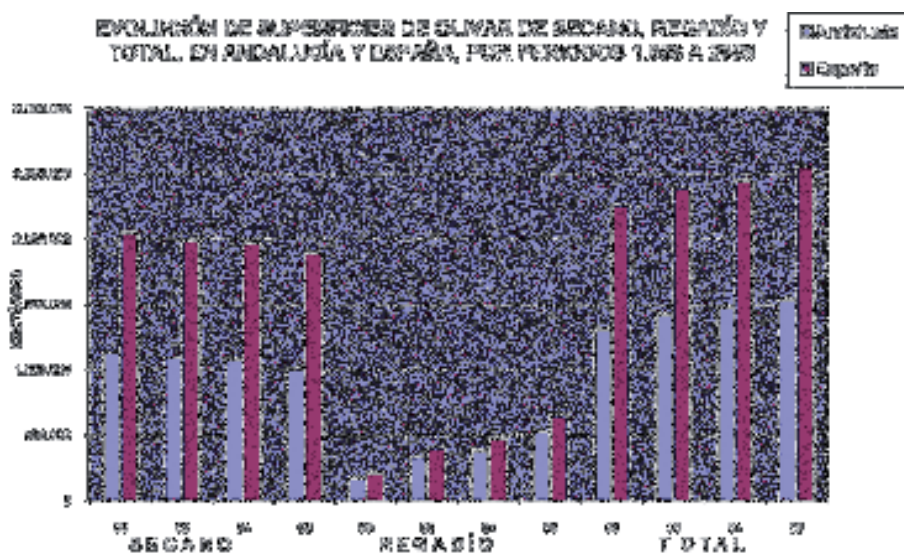


Figura 2: Fuente: Elab. propia en base a datos MAPA: Encuestas sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE)

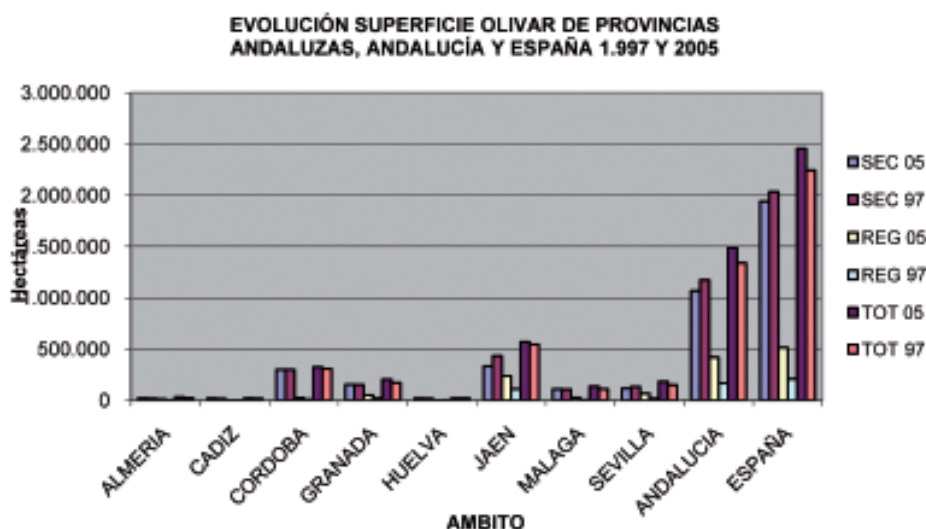


Figura 3: Fuente: Elaboración propia en base a datos MAPA (ESYRCE)

Destacan las superficies y producciones de las Provincias de Jaén y Córdoba, que históricamente vienen manteniendo en torno al 50 y 25 % respectivamente de todo el potencial productivo andaluz. El resto de Andalucía, en que destacan Granada y Sevilla, aportan el 25 % restante, lo que implica un potencial productivo superior al del resto de España. (Gráficos N° 4 y 5)

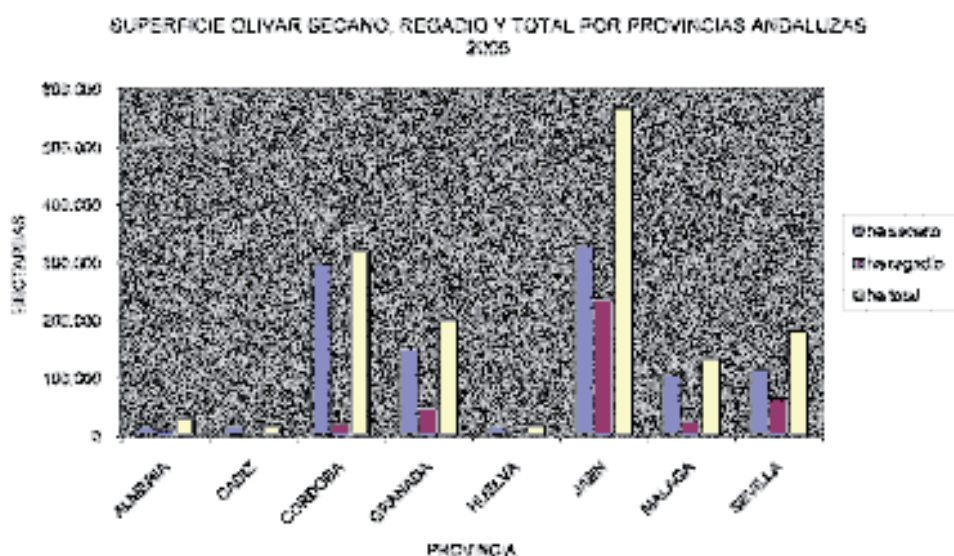


Figura 4: Fuente: Elaboración propia en base a datos MAPA (ESYRCE)

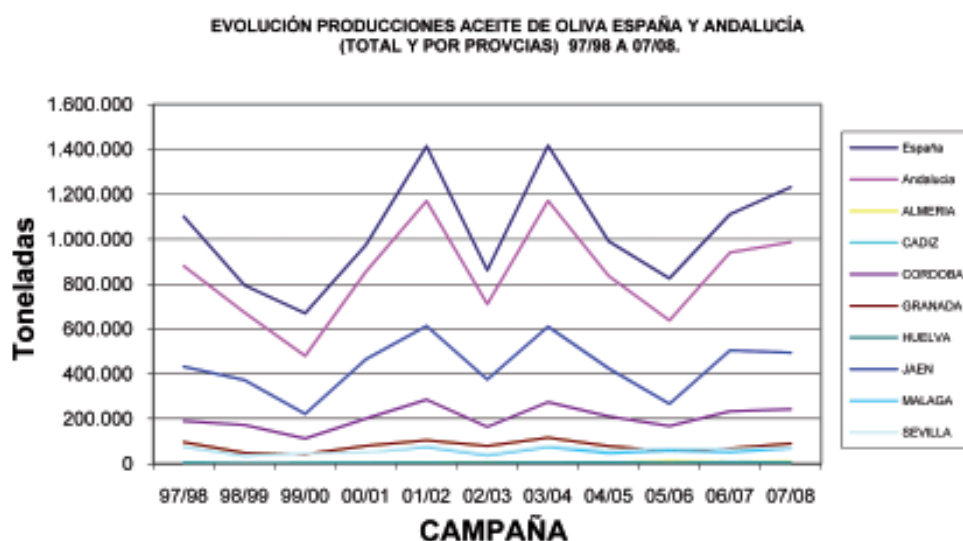


Figura 5: Fuente: Elaboración propia en base a datos Agencia del Aceite de Oliva (AAO)

La producción efectiva de aceite de oliva en las diez últimas campañas de funcionamiento del anterior sistema de ayuda a la producción para España y los restantes países productores de la UE, se expone en Gráfico N° 6. España viene aportando en torno la mitad de la producción europea.

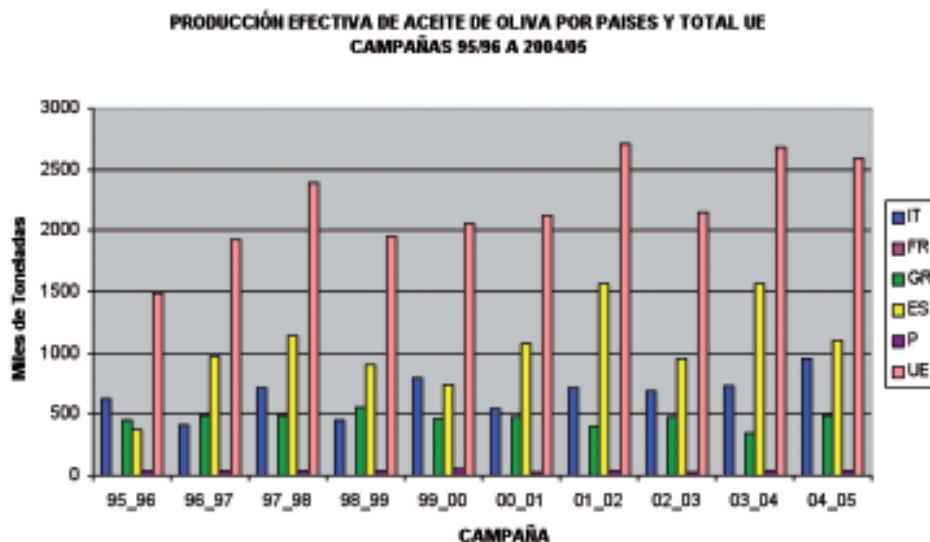


Figura 6: Fuente: Elaboración propia en base a Reglamentos de la Unión Europea (UE)

### 1.3. Impulso a la producción y comercialización de aceituna de mesa

El sector de aceituna de mesa, viene experimentando desde 1970 un crecimiento continuado similar al del sector oleícola. A este contribuyeron poderosamente las innovaciones aportadas por el Instituto de la Grasa -CSIC- de Sevilla, especialmente con la introducción, desarrollo manejo y control de procesos de los Fermentadores Gigantes [3]. Esta mejora tecnológica favoreció el desarrollo de la actividad más allá de su tradicional ámbito histórico, muy circunscrito a la provincia de Sevilla, y en concreto a los núcleos rurales de su entorno y a las variedades manzanilla y gordal. La expansión se produjo fundamentalmente a las variedades hojiblanca y cacereña. En el primer caso la actividad se fue extendiendo hacia el Este de Sevilla, para llegar, tras La Roda de Andalucía a la Comarca de Antequera, en Málaga, y a la Subbética de Córdoba. En el segundo, se produjo un fuerte crecimiento en Extremadura. El reconocimiento como Agrupaciones de Productores Agrarios (APAs) para comercialización en común de Agro-sevilla, Acorsa y Acenorca, desde la vertiente cooperativa, han tenido también un papel fundamental en los respectivos procesos, especialmente a partir de los años ochenta.

La evolución de la producción de aceituna de mesa mundial, comunitaria, española y de los restantes países europeos entre 1990 y 2008, puede verse en el Gráfico N° 7. Al igual que sucedía en aceite de oliva, el crecimiento de la producción española de aceituna de mesa, se ha duplicado ampliamente desde 1995 hasta la actualidad.

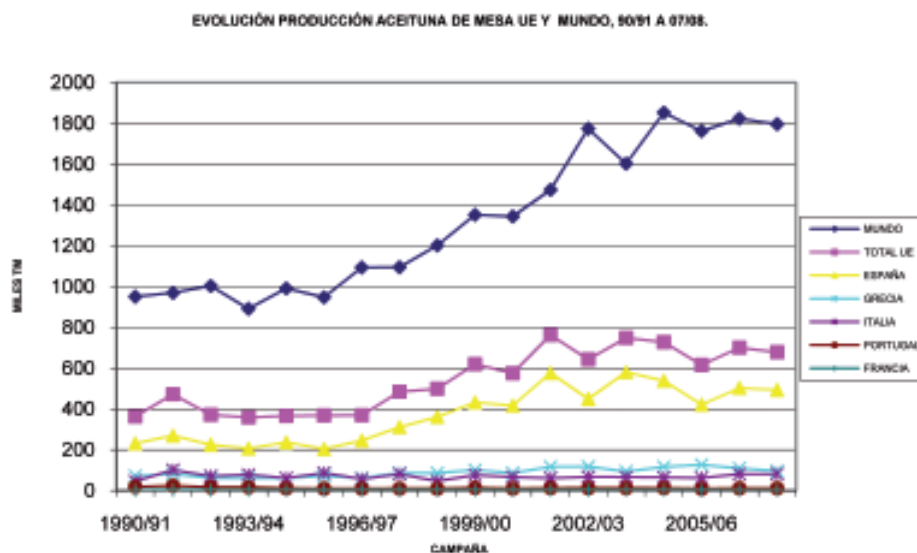


Figura 7: Fuente: Elaboración propia en base a datos COI

La inclusión en 1988 de la aceituna de mesa en el régimen de ayuda a la producción de aceite de oliva, si bien representó una merma proporcional en la ayuda a la producción de los productores de aceite de oliva<sup>3</sup>, impulsó el desarrollo y consolidación de este subsector, con un proceso de modernización y aceleración de la exportación.

Teniendo en cuenta las mayores necesidades de mano de obra, tanto en recolección como, de manera especial, en los minuciosos procesos de elaboración, la rentabilidad económica y social de la aceituna de mesa para las zonas productoras y transformadoras con históricos problemas de desempleo rural [3], es evidente. Igual que sucede en aceite de oliva, los bajos niveles de precios en origen amenazan la supervivencia de gran parte del olivar tradicional, especialmente en las variedades manzanilla y gordal.

## 2. Avances en la calidad, consumo y exportación del aceite de oliva virgen español. Causas

### 2.1. Mejoras en la calidad, consumo y exportación

Si importantes fueron los avances modernizadores en el olivar, aún más profunda ha sido la mejora en los procesos de transformación de la aceituna en aceite de oliva, desde la recep-

<sup>3</sup> La Reforma Provisional de la OCM de aceite de oliva de 1998, al tiempo que estableció una Cantidad Nacional Garantizada a efectos de la ayuda a la producción de 760.028 Tm, amplió el derecho a percibirla a la producción de aceituna de mesa, considerándose para España a tal efecto un rendimiento en aceite del 11,5 %. Dado que ésta medida se adoptó sin incremento de fondos, por lo que la ayuda se ha concedido aminorado la ayuda a percibir por los productores de aceite de oliva.

ción en almazara, hasta la conservación del aceite de oliva virgen en bodega, pasando por las fases de limpieza y lavado, molido, batido, centrifugación y decantación, que han mejorado extraordinariamente la calidad del aceite. Y esto se ha hecho gracias al esfuerzo inversor de todo el sector, en su mayor parte de tipo cooperativo si bien contando con ayuda de las Administraciones públicas.

Todo ello ha conducido al citado crecimiento de la producción española, que se ha duplicado en sólo 10 años, pasando de las 625.000 Tm de aceite de oliva virgen en el quinquenio 1990/1991 a 1994/95 a 1.250.000 Tm. del quinquenio 1999/2000 a 2003/04.

La mejora de la calidad ha incrementado en cuantía similar la proporción de aceite de oliva virgen y de aceite de oliva virgen extra sobre el total de aceite de oliva obtenido.

También el consumo absoluto y relativo de estos aceites de mayor calidad (virgen y virgen extra). El consumo en el mercado interior ha pasado de un 8-10 % al 30-33 % de aceite virgen y virgen extra en poco más de un lustro, ganando cuota de mercado tanto frente a los aceites de semillas (girasol fundamentalmente) como al aceite de oliva (0,4 "suave" y 1º "intenso"), tanto en el mercado interior como en el exterior. En ambos casos, prácticamente se ha duplicado: El consumo interior ha pasado de 325.000 a 620.000 Tm y el de exportación de 300.000 a 600.000Tm.

En cuanto a las exportaciones –a Italia, a granel, en un 50 a 65 %- se ha incrementado además del volumen exportado, la calidad de nuestros aceites, avanzando en la proporción de aceites virgen y virgen extra.

Varios factores han sido determinantes en éste relativo éxito de comercialización o adecuación del mercado sin que se hayan producido graves distorsiones:

## *2.2. Relativa contención de precios*

Propiciada en una primera fase por trasvases de rentas desde el precio a la ayuda, y en la segunda, por una realidad de abundantes cosechas, si bien últimamente truncada por la prolongada sequía que se mantiene en España desde 2005 hasta final de 2008. La sequía provocó como puede observarse una escalada de subida de cotizaciones, entre agosto de 2005 y septiembre de 2006. Posteriormente, y pese a las limitadas producciones para el potencial productivo actual, los precios han vuelto a descender, situándose desde finales de 2008 en los mismos niveles de 2003 y 2004 (Gráfico N° 8), pese a que los costes se han disparado como consecuencia del alza del gasóleo, materias primas y salarios.



Figura 8: Fuente: Elaboración propia en base a datos POOL RED<sup>4</sup>

### 2.3. Concentración de oferta

Mediante la creación y consolidación de buena parte de los 20-25 grupos cooperativos españoles, (APAs<sup>5</sup> en su mayor parte), que agrupan la oferta de unas 250 almazaras cooperativas, se ha avanzado en la mejora de la calidad, el almacenamiento, la coordinación y un progresivo envasado, tanto con marcas propias como –principalmente- con las de la gran distribución. Igualmente se ha mejorado la conexión con los circuitos de la exportación, aunque todavía en su mayor parte la exportación se efectúa a granel.

### 2.4. Creación de Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) y desarrollo de la Producción Ecológica

Especialmente importante en los últimos años, ha sido la actividad desarrollada por los Consejos Reguladores (CCRR) y empresas de las 25 Denominaciones de Origen (DOP) de Aceite de oliva Virgen Extra españolas (13 de ellas andaluzas), tanto en la mejora de la calidad –mediante la introducción en sus Reglamentos de la exigencia de separación de aceituna de árbol de la del suelo-, como mediante los controles de trazabilidad del proceso desde la producción a la comercialización. También ha sido relevante la participación de los CCRR en la creación de paneles de cata, así como la organización y/o participación en ferias y certámenes, jornadas gastronómicas, concursos y otras actividades de divulgación y fomento del consumo de sus aceites de oliva virgen extra de máxima calidad.

4 POOL RED: Sistema de información de precios en origen del mercado de contado del aceite de oliva ([www.poolred.com](http://www.poolred.com)), implantado por la Fundación para la promoción y el desarrollo del olivar y el aceite de oliva (Jaén).

5 APAs: Agrupaciones de Productores Agrarios para comercialización en común, en su mayor parte Cooperativas de segundo grado, acogidas al Reglamento –ya derogado- N° 1360/78, fértil modelo de estructuración a nivel económico del sector agrario en la UE.



Igualmente importante ha sido la labor desarrollada por la administración andaluza, junto con el Comité Territorial Andaluz de Agricultura Ecológica –Hoy Asociación CAAE-, la Asociación de Empresas con Productos Ecológicos de Andalucía (EPEA), junto con otras Asociaciones, Organizaciones y empresas de producción ecológica, así como algunos ayuntamientos y diputaciones en el fomento de la producción y promoción del aceite de oliva obtenido bajo el sistema de producción ecológico de Andalucía.

### 3. La imagen de calidad de los aceites de oliva andaluces

#### 3.1. Premios y Distinciones

Durante la última década se viene produciendo un profundo cambio en la percepción que, sobre la calidad de los aceites de oliva virgen extra andaluces, tienen no sólo los profesionales del sector sino el amplio mundo de la hostelería, restauración y, de manera fundamental, el de la alta gastronomía, cada vez más liderado internacionalmente por España. Probablemente, como sucede en los movimientos de Bolsa, éste proceso anticipa cuanto ha de ser en un próximo futuro la expansión promocional y comercial de los excelentes aceites de oliva virgen extra andaluces y españoles.

Indudablemente, y como primerísimo factor de este cambio en la percepción sobre la calidad de los aceites de Andalucía, hay que destacar la extraordinaria labor que desarrollan varias de las trece DOP de aceite de oliva andaluzas, tanto por cuanto se refiere a los Consejos Reguladores y su personal, como a las empresas y productores inscritos. Su continuado esfuerzo en la mejora, difusión y control de la calidad, su presencia permanente en amplísimo número de Foros, Certámenes, Ferias Comerciales, Concursos sobre la Calidad de los mejores aceites de oliva virgen extra, (convencional, ecológico o de producción integrada), junto con la continuada aparición en prensa, radio, televisión y vídeos promocionales, resulta una labor de alcance estratégico fundamental que no siempre se está sabiendo apreciar:

Los innumerables premios conseguidos a nivel internacional: IOOA (Zurich) y Concurso Internacional MARIO SOLINAS (Madrid), del COI, BIOL (Bari), Leone d'Oro, Sol d'Oro, L'Orciolo d'Oro (Italia), L.A. County Fair (Los Angeles, USA), World Edible Oils (París), Concurso Europeo de Aceites DOP (Portugal), Olive d'Or (Montreal), etc., así como en los nacionales e internacionales celebrados en España: Expoliva (Jaén), Bio-Córdoba, Ecoliva (Sierra de Segura), SALIMAT (Silleda), SIO (Feria del Olivo de Montoro), y del MAPA –MARM actualmente-. En la mayor parte de los casos, aceites andaluces cuentan con primeros premios y en sucesivas ediciones. Los galardones logrados por empresas de algunas de nuestras DOP no sólo representan un hito histórico a nivel nacional. Posiblemente resulte difícil encontrar tan ingente cantidad y calidad de reconocimientos a la calidad de cualquier producto agroalimentario, en tan breve espacio de tiempo, incluso en otros países más sensibilizados por la calidad y la promoción.

Hubiese sido impensable hace sólo ocho años, cuando se convocó el primer Premio Supranacional a la calidad del aceite de oliva virgen extra MARIO SOLINAS, que Andalucía y España pudiesen mantener una presencia digna en tan preciado galardón. Se daba por supuesto que la calidad, y el saber hacer estaban en Italia, en Grecia e incluso en algún otro país aún de muy baja producción como Francia e Israel. Incluso, en España, también se dudaba que fuese Andalucía primera en Calidad de sus Aceites. Los resultados, que mostramos en la Tabla Nº 1, indican una preeminencia también en calidad, no sólo de España, sino de manera preponderante, de Andalucía, donde es actualmente determinante –quizá por un mayor esfuerzo y anticipación- la presencia de las marcas y empresas de la DOP Priego de Córdoba. Otro aspecto digno de mención es el de la diversidad de empresas y marcas galardonadas con estos premios.

**Tabla 1: Premios Mario Solinas (COI). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA**

País/Región/Provincia.	Nº 1º	Nº 2º	Nº 3º	Nº Total Premios
<b>ESPAÑA</b>	5	7	8	20
ANDALUCÍA	4	7	5	16
Córdoba	3	5	2	10
Málaga	1			1
Sevilla		2	3	5
RESTO ESPAÑA	1		3	4
Albacete-Agramon	1			1
Cataluña-Montbrío			1	1
Rioja-Rihuelo			1	1
Toledo-Malpica			1	1
ITALIA	4	2	2	8
GRECIA	4	2	2	8
PORTUGAL	3	3	5	11
FRANCIA	2	1	2	5
CHIPRE		1		1
EGIPTO		1		1
ISRAEL			1	1
MARRUECOS			11	11
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>56</b>

### 3.2. Alimentos de Andalucía y LANDALUZ

Muchos avances en la mejora de calidad para producir aceite de oliva virgen extra fueron impulsados gracias al rigor y elevados requisitos de calidad impuestos en el lanzamiento y promoción, desde la Junta de Andalucía de la Denominación de Calidad y Logotipo “Alimentos

de Andalucía”. A él sólo podían acceder las calidades de alta gama en cada producto, o sea sólo las marcas de calidad garantizada autorizadas y únicamente –en éste sector- para Aceite de Oliva Virgen Extra.

Igualmente eficaz viene siendo la actividad de la Asociación Empresarial de usuarios de aquel Distintivo de Calidad “Alimentos de Andalucía”, que en 1997 cambió su denominación por la de LANDALUZ, Asociación Empresarial de la Calidad Agroalimentaria de Andalucía, usuaria de la marca “LANDALUZ”, así como la labor de la Agencia Andaluza de Promoción Exterior (EXTENDA). Su esfuerzo por difundir la calidad y variedad de nuestras producciones en torno al uso inteligente del rico, variado e internacionalmente reconocido folklore y patrimonio cultural y gastronómico andaluz, comienza a reconocerse gracias a sus múltiples actividades, frecuentemente junto al Instituto de Comercio Exterior (ICEX) y las Cámaras de Comercio.

### **3.3. Campañas de la Unión Europea sobre Aceite de Oliva y Salud**

La Unión Europea, ha financiado siete campañas plurianuales de información y orientación al consumo, como un mecanismo de defensa –muy eficaz por su cuidado diseño, concepción y potencial de difusión de las Instituciones Comunitarias- del sector del aceite de oliva ante la competencia, acelerada con la liberalización y apertura de mercados a los aceites de semillas. Estas campañas han contribuido de manera decisiva al crecimiento del consumo, tanto en la Unión Europea como en el exterior - financiando la UE las Campañas realizadas, a través del Consejo Oleícola Internacional (COI)-. También sirvieron de manera fundamental para el avance en la investigación y difusión de la relación, en múltiples facetas, de Aceite de Oliva y la Salud<sup>6</sup>. Estas Campañas cesaron tras la modificación de la normativa sobre promoción de productos agroalimentarios de calidad en la UE.

## **4. Diagnóstico y estrategias de futuro para el sector**

Tras analizar la evolución del sector en las últimas décadas, y como elemento fundamental para marcar las estrategias de futuro, parece oportuno analizar las principales debilidades, las barreras o cuellos de botella que están condicionando su futuro

### **4.1. Precios bajos en origen, y escasa diferenciación por calidad**

Como puede observarse en el anterior Gráfico N° 8, los precios en origen según el POOL RED de Jaén, del aceite de oliva, y pese al prolongado periodo de cinco años de sequía en el Mediterráneo, con producciones reiteradamente bajas para el potencial productivo actual, han retornado hasta los niveles de 2003 y 2004. Ante este proceso de degradación paulatina en los niveles de renta de los productores, -incrementado por la subida de los costes- cada vez

<sup>6</sup> Quizás por ello resulte ahora más sorprendente que, cuando en Estados Unidos la Agencia Americana del Medicamento (FDA) reconoce oficialmente esta positiva relación, su homóloga en la UE (EFSA) exija nuevos procesos para que pueda anunciarse en el etiquetado el carácter saludable -Base de las 7 Campañas UE- de los aceites de oliva.

es mayor la demanda de actuaciones sobre los mecanismos del mercado que permiten esta aparente anomalía. Tan preocupante como el bajo nivel general de precios es el escaso diferencial existente entre los precios del aceite de oliva virgen extra y el aceite de oliva lampante, como puede observarse en el citado Gráfico nº8. Generalmente es inferior al 6 % y en numerosas ocasiones no llega ni al 3 %.

Dada la gran volatilidad de precios que se produce, a veces dentro de la misma campaña, existe un riesgo cada vez mayor de que, dada la escasa rentabilidad de producir aceites de calidad, numerosos productores abandonen la estrategia de la calidad, orientándose exclusivamente a producir aceites lampantes. Y, como consecuencia, una gran parte de las ventajas gastronómicas y saludables de éste producto se desaprovecharían, al tiempo que podrían surgir episodios de residuos que afectasen muy negativamente a todo el sector.

Según nuestros propios trabajos de I+D<sup>7</sup> hemos advertido que la causa de éste escaso diferencial de precios radica fundamentalmente en el escaso conocimiento de consumidores y otros agentes del mercado y el sector de la restauración sobre denominaciones y calidad diferenciada en los aceites de oliva. Este desconocimiento no es casual, sino que en gran medida ha venido siendo generado por una permanente actitud e interés de determinados agentes del sistema (refinación, envasado, comercialización), dirigida a evitar otro tipo de promoción colectiva diferente a la genérica de Aceite de Oliva. Este interés en que no se hicieran campañas específicas de promoción de aceite de oliva virgen y de aceite de oliva virgen extra fue una norma de actuación en el marco de las Campañas de Promoción financiadas por la Unión Europea.

#### **4.2. Bajo nivel de Concentración de Oferta en la producción: APAs**

Mediante un proceso de integración, iniciado en los años setenta, y que tuvo su mayor desarrollo durante los 90, a partir de la aplicación en España de la Ayuda al Consumo y de la difusión de las ventajas que implicaba el reconocimiento como Agrupación de Productores Agrarios, los productores cooperativistas de aceite de oliva y de aceituna de mesa iniciaron la constitución de Agrupaciones de Productores Agrarios (APAs), generalmente con la fórmula jurídica de Cooperativas de Segundo Grado. Estas APAs suponían una buena base de partida y un ejemplo del camino a seguir. Su localización y características puede verse en la Figura nº9.

En conjunto, hay unos 20 grupos cooperativos, en torno a los cuales se integran para su comercialización en común unas 100 almazaras cooperativas, y un número sensiblemente menor de cooperativas productoras y elaboradoras de aceituna de mesa. Teniendo en cuenta que Andalucía cuenta con unas 400 Almazaras Cooperativas, el proceso de integración sólo ha afectado a un 25 % del total.

En nuestra opinión el camino a seguir, es claro: establecer incentivos para que el proceso integrador, preferentemente con personalidad jurídica cooperativa, frenado al desaparecer la ayuda al consumo y derogarse el Reglamento sobre APAs, pueda continuar. Sea con ayudas nacionales o con apoyos regionales. No obstante desde diversas vertientes se propugna la in-

7 En el marco del Proyecto INIA RTA05-122 "EL RETO ESTRATÉGICO DE LA COMPETITIVIDAD EN LAS DENOMINACIONES DE PRODUCTOS DE CALIDAD. ANÁLISIS EN LAS DENOMINACIONES DE ORIGEN PROTEGIDAS (DOP) DEL SECTOR OLEÍCOLA ANDALUZ."

tegración en alguna o algunas, muy pocas, de las actuales APAs, como una forma de quemar etapas. Quizá sea un planteamiento valiente, pero arriesgado. La experiencia de UTECO-Jaén<sup>8</sup> y FEDEOLIVA<sup>9</sup> aconseja avanzar con cautela y midiendo bien cada paso.

Todavía, según varios expertos que colaboran con nosotros, no se han agotado las posibilidades y necesidad de las APAs a nivel comarcal, del estilo de Oleoestepa u Olivar de Segura. El contacto próximo, y un nivel asumible de gestión pueden posibilitar avanzar sobre bases firmes y operativas en capacidad, de gestión y de calidad de comercialización. Sobre una tupida red de éstas APAs podrán articularse otras operaciones de mayor envergadura, siempre en el marco de una intercooperación según los principios solidarios de la Economía Social. Desaparecido el marco, si queremos avanzar –en el sector–, y es imprescindible, habrá que recrearlo sobre lo conocido y que se revela como eficaz, eliminando aquellos vicios o disfuncionalidades que la práctica aconseja. Como sería el evitar la dejación o inobservancia de los Reglamentos o Estatutos o del principio de exclusividad en la relación mutua socios-APAs.

#### Localización de las A.P.A.s de Aceite de Oliva y Aceituna de mesa en Andalucía

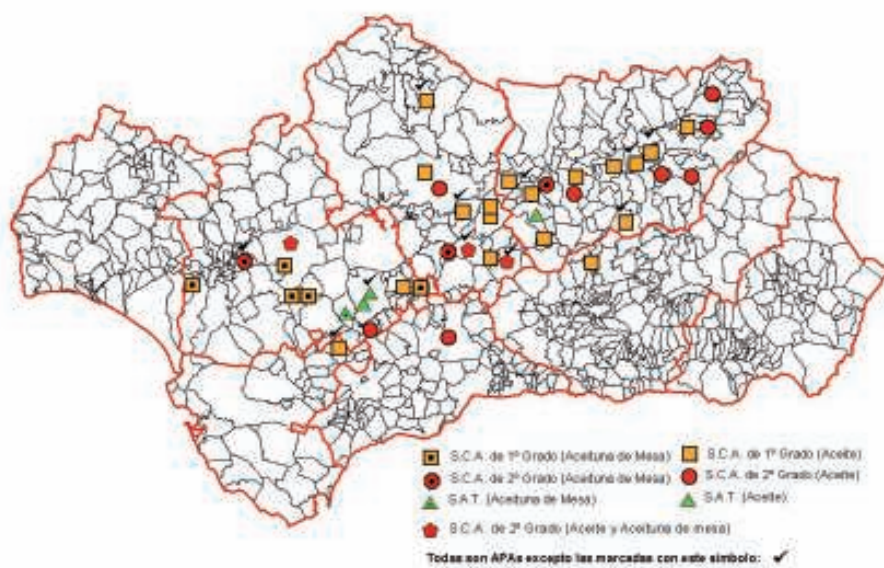


Figura 9: Fuente: Elaboración propia en base a Reglamentos Comunitarios, BOE y BOJA

8 UTECO-Jaén: La más importante cooperativa, por volumen de concentración de oferta del sector oleícola en la historia. Integaba, para la venta en común a casi un centenar de almazaras cooperativas de Jaén. En septiembre de 1982 el Banco de España hubo de intervenir la Caja Rural Provincial de Jaén, como consecuencia de una excesiva concentración de riesgos en la Cooperativa Provincial del Campo UTECO Jaén y en la Cooperativa Provincial Agrícola. Irregularidades en los Balances trataban de ocultar el endeudamiento excesivo de aquellas. La consecuencia final fue la necesidad de concesión por el Gobierno de varios créditos extraordinarios por un total de 27.160 millones de pesetas, para reconstruir la estructura financiera de las citadas cooperativas, a fin de evitar una grave crisis en el sector agrario de la Provincia de Jaén. El Presidente de las tres entidades, Domingo Solís Ruíz, fué condenado y posteriormente indultado.

9 FEDEOLIVA. Muy importante Cooperativa de segundo grado y APA. Creada en 1.989, integraba para su venta en común a 15 Cooperativas de la Provincia de Jaén, con más de 7.000 productores de aceite de oliva. Comercializaba en torno a 25.000 Toneladas de aceite de oliva por campaña, llegando a alcanzar una importante cuota de mercado en Estados Unidos. Como consecuencia de irregularidades y deficiencias de gestión, las cooperativas socio se vieron en la necesidad, en octubre de 2005, de firmar un acuerdo con Bancos y Entidades de Ahorro para refinanciar a 30 años los 44 millones de Euros que adeudaba FEDEOLIVA.

Nuestra realidad actual es deficiente en cuanto a capacidad de concentración de oferta y en la creación de estructuras de clasificación y selección de aceites, envasado, promoción y comercialización con marcas de la producción. Pese a haber alcanzado cierto impulso, no avanza al ritmo que impone la acelerada concentración de operadores en un mundo global. Tanto en el sector de la distribución, donde la marca blanca en España cuenta ya con un 60 % de cuota de mercado en aceite de oliva [4], como en el de la industria, envasado y comercialización.

Cabe reflexionar si este nivel de concentración sin avances desde el sector productor, es compatible con la supervivencia del olivar tradicional, cuando el progresivo descenso en los precios en origen hasta el nivel actual de los 2 Euros/kilo está encendiendo todas las alarmas en el sector productor, ante una manifiesta pérdida de rentabilidad. Sin embargo, ése sería el precio medio que el Grupo SOS consideraba razonable en 2006<sup>10</sup>.

#### 4.3. Falta de participación del sector oleícola español en Programas de Promoción UE

En la tabla 2 se contempla, para cada convocatoria, la participación de los países oleícolas europeos en la promoción del aceite de oliva financiada por la UE. Siendo España el principal productor y exportador mundial de aceite de oliva –considerando la exportación a Italia– es reseñable la casi absoluta ausencia de España en los diversos Programas de Promoción, tanto en la UE como en Terceros Países, en contraste con la reiterada presencia de Italia e incluso Grecia y Francia. España sólo participó en 2003, y porque fue una concesión directa a los tres principales países productores.

**Tabla 2. Fuente: Elaboración propia en base a Reglamentos y otros Documentos UE<sup>11</sup>**

PARTICIPACIÓN EN PROGRAMAS DE LA UE PARA LA PROMOCIÓN DE ACEITE DE OLIVA, POR PAISES										
PROGRAMA	MERCADO INTERIOR DE LA UE					EN TERCEROS PAÍSES				
	ES	IT	GR	FR	PT	ES	IT	GR	FR	PT
2001										
2002										
2003.1	X	X	X				X			
2003.2										X
2004.1				X			X			
2004.2			X				X		X	
2005.1		X					X			
2005.2		X					X	X		

<sup>10</sup> Entrevista a Jesús Salazar, Presidente de SOS Cuétara. Los precios altos, ¿han dañado mucho al consumo?, de F. Expósito. Diario CÓRDOBA, 16/11/2006. Respuesta: “Sin duda. Creemos que ha habido un período en el que la especulación ha dañado sobremanera. Los precios medios deberían estar en dos euros. En el nuevo ciclo, al haber mucha producción, los precios estarán a un nivel razonable para el productor, el industrial, el retail y el consumidor.”

<sup>11</sup> Unión Europea

Teniendo en cuenta que a estos Programas sólo pueden acogerse empresas y productos amparados con Denominación de Calidad Europea (DOP, IGP<sup>12</sup>, ETG<sup>13</sup> o Producción Ecológica), la ausencia mostraría, posiblemente, un cierto desinterés del sector empresarial (envasadoras y comercializadoras) hacia los productos con éste tipo de denominaciones. Cuando tanto se propugna la voluntad de desplazar a Italia de su posición de privilegio en los mercados mundiales del sector, no parece que la reiterada ausencia de la que hasta el momento ha sido la más importante fuente de financiación para la promoción oleícola, sea la mejor estrategia posible.

En cuanto a la ausencia de una representación suficientemente articulada de las DOP y de la Producción Ecológica, quizá haya de achacarse a la juventud de estas Organizaciones, a que las empresas productoras y comercializadoras son en su mayor parte pequeñas y medianas empresas (PYME), y a las limitaciones que les plantea la especial situación jurídica de los Consejos Reguladores. De cualquier forma, es una cuestión que merece ser resuelta a corto plazo, especialmente si se tiene en cuenta que la promoción del aceite de oliva virgen y virgen extra es indispensable, no sólo para captar nuevos mercados, sino también para fidelizar a clientes y consumidores.

#### **4.4. Creciente marginalidad de las plantaciones tradicionales de olivar**

Como puede deducirse de la primera parte de éste trabajo, cuanto se ha realizado estructuralmente en España en olivar en los últimos veinte años ha sido, fundamentalmente, expansión y mejora del regadío y nuevas plantaciones, si bien recuperando en parte zonas de olivar arrancadas en los años sesenta. La imperiosa necesidad de reestructuración (arranque y replantación) de gran parte de nuestros envejecidos, dañados y mal alineados olivares, ya fue diagnosticada en 1970 a partir del profundo estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y que sirvió de base a los Programas de Reestructuración y Reconversión del Olivar. Sin embargo su alcance, por diversas razones, fue muy limitado.

En contra de cualquier criterio racional, pese a lo dilatado del proceso de reforma de OCM en aceite de oliva (7 años), y la ingente cantidad de documentos generados, y al contrario de cuanto ha sucedido en sectores próximos (viñedo, frutales de hueso y de pepita y frutos secos), jamás se ha planteado la necesidad de acometer un proceso de reestructuración, cuya urgencia y necesidad fuera razonada en 1970, pero que actualmente es más necesario que nunca. Se ha partido del supuesto de que el olivar español estaba en perfectas condiciones para acometer los retos futuros y que con las nuevas plantaciones se había modernizado el sector, haciéndolo competitivo hacia el futuro. Incluso, así se afirma en los documentos de la UE.

Sin embargo, el proceso de nuevas plantaciones intensivas y superintensivas, de expansión del regadío, de trasvase de fondos de la ayuda a la producción desde el sector de aceite de oliva al de aceituna de mesa, más la discriminación de los productores españoles frente a los del resto de la UE, -al consolidarse en la Reforma de 2004 la asignación de los fondos de ayuda decidida "provisionalmente" en 1.998, que perjudica claramente a nuestro país-, ha convertido en inaplazable la adopción de medidas de reestructuración y reconversión del olivar, que entendemos habrían de enmarcarse en la anunciada ley andaluza del olivar.

---

12 Indicación Geográfica Protegida  
13 Especialidad Tradicional Garantizada

Andalucía es una de las regiones más montañosas de la Unión Europea, hasta el extremo de que más del 75 % de su superficie, como puede observarse en el Mapa de la Figura nº10, está declarada como zona desfavorecida, y, ésta a su vez, en su mayor parte -56%-, como zona de montaña. Las dificultades para la mecanización de cultivos herbáceos en zonas con pendiente, han facilitado el mantenimiento de los viejos olivares tradicionales sobre aquellas áreas de montaña.

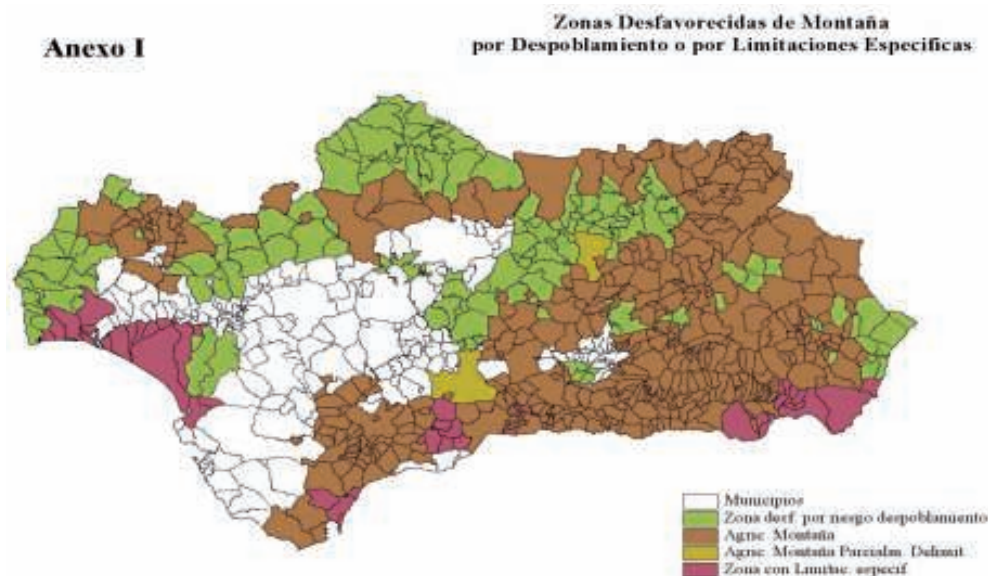


Figura 10: Fuente: Elaboración propia en base a Reglamentos Comunitarios

Ante la ausencia en los últimos años, de políticas que favoreciesen la reestructuración de los viejos olivares<sup>14</sup>, unas estructuras en gran parte obsoletas permanecen como el núcleo fundamental del sector. Ítem más: la OCM de aceite de oliva desincentivaba el arranque, ya que, no contemplándose ningún tipo de ayuda a la inversión, durante el periodo improductivo el productor no sólo perdía el valor de la cosecha no generada, sino también el de la ayuda a la producción que le hubiese correspondido. Al tiempo, se arriesgaba a una posible pérdida de derechos históricos de ayuda, ante la incertidumbre sobre el futuro sistema a aplicar y sus métodos de contabilización. Esta problemática del olivar tradicional, que representa en torno a dos tercios de nuestra superficie de olivar, se acentúa con la reciente bajada de precios en origen. Ante la creciente entrada en marginalidad, las Organizaciones Profesionales Agrarias, aunque tarde<sup>15</sup>, comienzan a reivindicar actuaciones en este sentido.

El crecimiento en los rendimientos, unido a un continuado ensalzamiento de las bondades de la OCM y del perfecto funcionamiento del sector, tanto en ámbitos oficiales como en sus propias organizaciones representativas, ha propiciado un crecimiento muy considerable, y

<sup>14</sup> Los Programas de Reestructuración y Reconversión del Olivar de 1972 y 1976 tuvieron una actuación muy limitada en cuanto al volumen de superficie reestructurada..

<sup>15</sup> Sólo al final del proceso de reforma de OCM comenzó a plantearse ésta cuestión. El gran motor de las reivindicaciones estuvo centrado en una lucha sin cuartel contra el desacoplamiento, ahora propugnado.



superior al de otras actividades agrarias, en los costes salariales, y especialmente en recolección. Frecuentemente, los costes de recolección no fueron los marcados en convenio, sino considerablemente superiores. Teniendo en cuenta que grandes cosechas implicaron generalmente precios bajos para el aceite de oliva, la rentabilidad del cultivo en estos olivos tradicionales en amplias zonas ha ido disminuyendo progresivamente.

La aplicación de las medidas de condicionalidad, que implican nuevas exigencias sin compensación suplementaria, y en numerosas ocasiones de difícil cumplimiento en parcelas y explotaciones no modernizadas y con estructuras deficientes, agrava aún más la situación. Tampoco están siendo muchas las voces discordantes.

Ante un entorno adverso, en que el interior se convierte en refugio de trabajadores desplazados por la crisis de la construcción e industrias y servicios conexos, la problemática del olivar no es sólo la de unos productores concretos, aún cuando se trate de 350.000 familias andaluzas, sino la del principal motor de generación de riqueza y empleo en muy amplias comarcas del medio rural andaluz y español. El olivar tradicional no es sólo una fuente de rentas para el productor, que al final se convierte en un gestor de utilización de múltiples factores de producción, entre los que el empleo es el principal. Al final, algunos años obtiene beneficios, y otros, cada vez más frecuentemente, pérdidas. Sin embargo, el entorno continúa percibiendo ingresos<sup>16</sup>, entre otras razones por la propia existencia de la ayuda, hoy desacoplada -como propugnamos en su momento [1]- en el 96,5% de la producción.

No habiéndose incluido medidas de apoyo a la reestructuración en la Reforma de OCM, éstas deberán plantearse ahora, posiblemente en la Ley Andaluza del Olivar, en un contexto más difícil, no solamente por su contenido presupuestario en tiempos de crisis, sino por el proceso de globalización y de negociaciones agrícolas multilaterales (OMC). Probablemente, y en aras a una solución del problema, teniendo en cuenta además el precedente en algún país competidor (Argentina), una alternativa razonable podría ser el “diferimiento” impositivo, anticipando vía reducción de impuestos los flujos necesarios para la inversión y el mantenimiento de la explotación durante el período improductivo, y manteniendo los flujos de Ayuda al Pago Único.

La coexistencia de sistemas productivos con muy diferentes niveles de productividad y competitividad es insostenible en el tiempo. Los sistemas intensivo y/o superintensivo –en España y en el mundo- terminarán marginalizando a las explotaciones tradicionales, como ya sucedió en algodón, viñedo y frutales.

Probablemente hayan de propugnarse diversas medidas con que los productores puedan optar por diferentes alternativas: reestructuración, reconversión hacia otros cultivos o actividades, o bien la preservación o continuidad, en base a su contribución al desarrollo rural sostenible gracias al carácter multifuncional y generador de externalidades positivas del olivar tradicional.

---

<sup>16</sup> Debe tenerse en cuenta que el mantenimiento –pese a las pérdidas temporales- del potencial productivo del olivar representa un criterio económico fundamental, como garantía imprescindible tanto para la percepción de rentas futuras como para el mantenimiento en valor de la propia finca de olivar.

### 5.5. Denominaciones Europeas de Calidad y Promoción Oleícola

La Unión Europea viene concediendo extraordinaria importancia a los productos con denominación de calidad (DOP, IGP, ETG, Producción Ecológica), como instrumentos fundamentales en su estrategia por la calidad y preservación de los productos típicos y el mantenimiento de las economías locales en el medio rural. En consecuencia, sólo ellos han podido beneficiarse desde el año 2001 del derecho a utilizar las ayudas comunitarias para campañas de promoción y difusión de la imagen de calidad en los mercados exterior e interior. Pese a ello, el sector del aceite de oliva virgen extra andaluz y español aún se encuentran en los inicios de cuanto debiera ser una eficaz política de futuro para el sector.

En su Estrategia por la Calidad, la Unión Europea incide especialmente en la importancia de mejorar la calidad y la promoción de las producciones de aceite de oliva virgen extra con DOP o IGP, y en las de aceite de oliva ecológico. Sin embargo, desarrollada la estrategia desde principios de los años 90 -1991 para la producción ecológica y 1992 para DOP e IGP-, y pese al relativamente importante número de denominaciones de origen reconocidas tanto en España (25) como en Italia (37 DOP más una IGP), más la producción ecológica en olivar, la realidad de los hechos, en cuanto a volumen comercializado, no se corresponde con aquella imagen que se trata de transmitir. Tampoco ha tenido incidencia sensible la campaña italiana a favor de sus aceites vírgenes extra con DOP o Biológico.

Durante el último ejercicio para el que se dispone de datos del MAPA, 2005, las 22 Denominaciones de Origen de aceite de oliva españolas contaban con una superficie de olivar inscrita de 470.375 Hectáreas, una producción de aceite de oliva virgen extra de 142.202 Tm, del que se consideró apto para su protección con Denominación de Origen a 51.153 Tm, comercializándose con dicha etiqueta de calidad 27.853 Tm, por un valor de 106,54 millones de euros, de los que 13,35 procedieron de la exportación. Esto representa que sólo un 2,5 % del total de aceite de oliva producido en España es comercializado con etiqueta de Denominación de Origen Protegida.

Al tiempo, Italia, con 36 DOP y una IGP contaba con un potencial de producción de aceite de oliva virgen extra con DOP inferior al español –Sólo el 1 % sobre el total de aceites de oliva italianos comercializados en 2005-, pese a lo cual gran parte de su estrategia de promoción en los mercados interior y exterior se basa sobre dichos productos de calidad.

Ello muestra la considerable distancia entre realidad y ficción. Entre la realidad y la imagen que, en Italia, se es capaz de generar. Con un volumen absoluto y relativo de aceite de oliva virgen extra comercializado como DOP inferior al de España, Italia, pese a necesitar importar cada año 325.000 Toneladas de aceite de oliva virgen, en su mayor parte virgen extra y procedente de España fundamentalmente, vende en los mercados italiano y exterior más aceite que España, generando la imagen de una calidad desde el origen basada en el Made in Italy y en sus excelentes aceites extra virgen con DOP y Biológico, los que, si bien aún están poco presentes en el mercado, crecen cada año a mayor ritmo que los demás. De ahí la necesidad de avanzar en la promoción –como hace Italia- apoyándose en éstos productos de calidad como estrategia fundamental, teniendo en cuenta además el fuerte crecimiento de su potencial productivo y una realidad de esfuerzo, mejora en la calidad y resultados en premios y mejora de imagen absolutamente contundentes.

De las 23 Denominaciones de Origen de aceite de oliva españolas, trece son andaluzas, cuatro catalanas, dos de Extremadura y una de Baleares, La Rioja, Aragón y Castilla-La Mancha. Además están en marcha otra media docena más, con lo que casi la mitad de la superficie española de aceite de oliva estaría amparada bajo un signo de calidad europeo: las DOP. En el mapa N° 3 aparecen representadas las 13 DOP de aceite andaluzas.

La necesidad de avanzar en la promoción de estos productos de calidad reconocida, teniendo en cuenta el previsible potencial productivo, es fundamental. Entre otras razones porque ello contribuirá decisivamente al mantenimiento del tejido socioeconómico, medioambiental y cultural de cerca de la mitad de los municipios de Andalucía y porque en la mayoría de los casos, por su tipo de plantaciones sólo tienen dos opciones: o se reestructuran y/o reconvierten (donde sea factible), o incrementan la rentas percibidas ofertando -y defendiendo en el mercado- productos oleícolas con la máxima calidad y diferenciación.

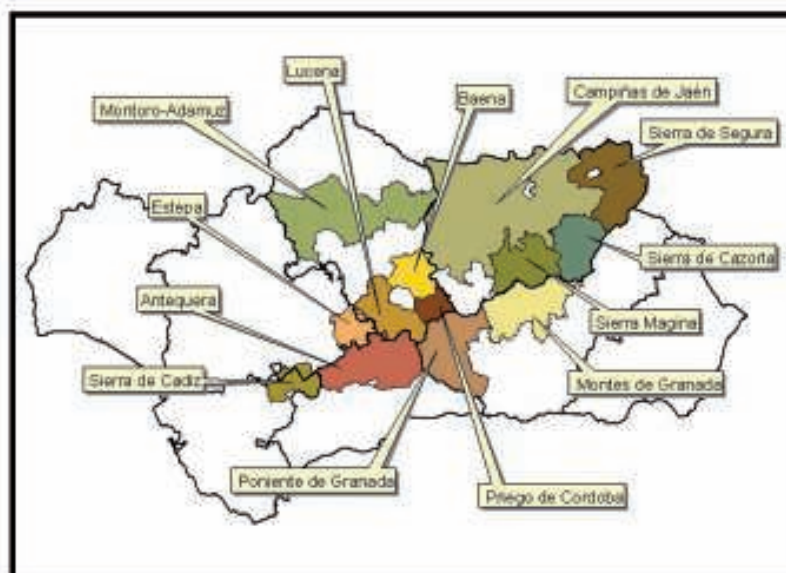


Figura 11; D.O.P: Andaluzas Fuente: Elaboración propia. Datos BOJA, BOE y Reglamentos UE.



LOGOS DENOMINACIONES DE CALIDAD EUROPEAS

### 6.6. Dificultades del Sistema Cooperativo para una articulación y vertebración eficaz

Los avances logrados hasta finales de los años 90 del pasado siglo en el sistema cooperativo andaluz para la concentración de oferta y mejora de la comercialización del aceite de oliva, mediante la constitución de Cooperativas de Segundo Grado y el reconocimiento como Agrupaciones de Productores Agrarios para la Comercialización en Común, a partir de la Reforma de OCM de 1998 y la desaparición de la Ayuda al Consumo, parecen haber entrado en una cierta ralentización. El sistema cooperativo no está siendo ahora capaz de protagonizar un posicionamiento eficaz ante los nuevos retos a que se enfrenta, que son muchos y complejos. El impacto negativo de ciertos fracasos, con graves pérdidas para los productores de algún grupo cooperativo, derivados de negligencias, abusos o incapacidades de algunos directivos (e incluso una mezcla de todo ello): –Fedeoliva, Almazaras de Priego- ha sido fuerte. También implica desmoralización el fracaso o letargo de ambiciosos proyectos que se ofrecían como alternativas de futuro (CECASA, Mundioliva, etc.). Estos fracasos representan una rémora en la consecución de los objetivos inicialmente marcados. Todo ello puede estar redundando en una cierta paralización, muy de lamentar cuando, ante los nuevos retos, el sistema cooperativo probablemente sea la mejor y quizá única solución global para un correcto funcionamiento de un mercado oleícola sostenible, en que es fundamental una notable gradación en precios en función de la calidad y acordes con los gastos del cultivo.

La importante y creciente cuota de mercado de la marca de la distribución (marca blanca) en el mercado español de aceite de oliva<sup>17</sup>, junto a la concentración de la industria de refinación, envasado y comercialización en torno a cinco grupos de operadores industriales, agrava las posibilidades de crecimiento, y aún de supervivencia de numerosas marcas de la producción. El productor se encuentra cada vez más indefenso ante unos mecanismos del mercado que claramente superan sus actuales capacidades de organización a fin de lograr obtener unos precios acordes con el esfuerzo económico desplegado para producir aceites de calidad en la mayor parte de las explotaciones.

Hasta 2008, los productores españoles podían optar por la doble opción de orientar su venta bien hacia operadores españoles, o a quienes actuaban para abastecer al mercado italiano y, a través del mismo, a gran parte del resto del mundo. Tras el acuerdo de 21 de Julio de 2008, de adquisición de Bertolli a Unilever por parte del Grupo SOS, que ya contaba con la previa adquisición de Minerva y Carapelli, la Asociación Española de Municipios del Olivo (AEMO), a través de su Boletín<sup>18</sup>, estima que *“el fabricante español va a alcanzar el 56 por ciento del mercado italiano, el 19 por ciento del estadounidense, el 20 por ciento del de Canadá y el 25 por ciento de las ventas en España. En todos los países del mundo, salvo en Inglaterra, Portugal y Grecia, tendrá la primera y segunda marca en aceite de oliva”* AEMO (2008) . Como consecuencia, en el futuro, los productores españoles verán sensiblemente reducidas sus opciones de venta en el mercado, ya que el auténtico comprador de relevancia será el Grupo SOS. La situación del mercado es aún más inquietante que en los años setenta, cuando López y Vericat [5]

---

<sup>17</sup> Ha pasado del 40 % en 2001 al 60 % en 2008.

<sup>18</sup> “El Grupo SOS pone en venta sus galletas para financiar la compra de la aceitera italiana Bertolli”. Boletín electrónico sectorial de la Asociación Española de Municipios del Olivo (AEMO). Nº 15, 09 09 2008.

La puesta en marcha de la I Campaña de Promoción de aceite de oliva vía Extensión de Norma, por la Organización Interprofesional del Aceite de Oliva Español, vislumbra nuevas posibilidades, pero también graves riesgos que es necesario ponderar y reseñar. Especialmente por cuanto cualquier estrategia de futuro para el sector debería pasar por unas actuaciones de mejora de la calidad y una estrategia fuerte de promoción de los aceites de máxima calidad. Los resultados de la promoción pueden quedar muy condicionadas en función de cual sea la estrategia a seguir. En el seno de la Interprofesional se encuentran intereses contrapuestos, al tiempo que no están representadas –como tales– las DOP y la Producción Ecológica. Todo ello podría dificultar, por ejemplo, las razonables exigencias desde segmentos avanzados de la producción de calidad, de articular la promoción prioritariamente sobre los aceites de oliva virgen extra, al chocar con los intereses de la gran industria en el sector.

## Conclusiones

Pese a los grandes logros del sector, en los próximos años ha de enfrentarse a importantes retos, para cuya satisfactoria solución entendemos habrían de adoptarse, entre otras, las siguientes estrategias:

1. Reforzar la Estrategia por la Calidad con una promoción diferenciada, destacando claramente la supremacía de los aceites de oliva virgen extra, y de manera especial la de los que cuenten con garantía de Origen y Calidad (DOP) o de Producción Ecológica. Es probablemente el único vehículo posible para lograr un diferencial de precios entre los aceites de máxima calidad y los lampantes y para asociar los aceites de oliva con la salud, factor que nos permitiría incrementar su consumo, valorizarlo y cotizarlo.
2. Presencia de los Consejos Reguladores de las DOP andaluzas y de la Producción Ecológica en la Organización Interprofesional del Aceite de Oliva. Lo que beneficiaría las actuaciones coordinadas de Promoción, y, especialmente, el acceso a todas las vías de financiación españolas y, sobre todo, comunitarias.
3. Estimular la integración cooperativa vía Agrupaciones de Productores Agrarios a nivel comarcal. lo que requiere la elaboración y aprobación de un nuevo marco de Ayudas nacionales y/o regionales al respecto.
4. Programas de Modernización y Reestructuración del Olivar Tradicional, bien mediante ayudas específicas nacionales o regionales, o con un marco fiscal específico.
5. Programas de Diversificación en las Comarcas de Monocultivo Olivarero. La Andalucía de interior, especialmente la de sus Zonas Desfavorecidas y de Montaña, tiene amplias posibilidades de realizar estrategias valiosas de multifuncionalidad y desarrollo rural sostenible. Ante la absoluta dependencia de éstas comarcas respecto del olivar, con graves riesgos de quedar en marginalidad, se impone analizar y potenciar todas las posibilidades de reconversión hacia otros cultivos o actividades potencialmente viables. A tal fin, la Nueva Estrategia de Desarrollo Rural para Andalucía (Programa NERA 2007-2013) contempla la

posibilidad de financiar acciones orientadas en ésta dirección. La Ley del Olivar podría ser el marco adecuado para encajarlas presupuestariamente.

6. Articulación de una defensa socioeconómica y medioambiental acorde con la importancia del sector, a nivel europeo. Representando el olivar un 27 % de las explotaciones agrarias europeas, y considerando la importancia de la ayuda de Pago Único en el sector, ante los importantes retos presentes y futuros, se impone la articulación bien argumentada de una defensa eficaz a fin de mantener –y aún mejorar en lo posible,- tanto la permanencia de la ayuda más allá de 2013, como su reorientación –en caso necesario- en una dirección adecuada a los objetivos de calidad, sostenibilidad y garantía de permanencia en los mercados.

## Referencias

- 1 Arriaza, M. Barea, F. y Ruiz Avilés, P. 2002. *Reforma de la OCM del aceite de oliva: hacia un sistema desacoplado*. Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía 2001. Unicaja.
- 2 Cánovas, J. 2008. Modernización de los regadíos. Ahorro de agua.;Foros de Ciencia y Tecnología. Madrid; Jornada sobre ahorro, eficiencia en el uso del agua y gestión de la demanda; Univ. Alcalá de Henares, 26 Marzo 2008. [http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/forosmimasd/documentos/agua/modernizacion%20regadios\\_canovas\\_260308.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/forosmimasd/documentos/agua/modernizacion%20regadios_canovas_260308.pdf)
- 3 Barea, F. 1977. Extensión y el paro agrario; Revista de Extensión Agraria. Vol XVI, Nº 5.
- 4 Sánchez de Puerta, R. 2008 Presentación de la Organización Interprofesional del Aceite de Oliva Español y de su Extensión de Norma; Jornadas Técnicas de aceite de oliva. CCAE; Toledo, 21 Octubre 2008; <http://www.ccae.es/ficheros/doc/02374.pdf>
- 5 López, A y Vericat, Mª R. 1978. El sector oleícola y el olivar: oligopolio y coste de recolección; Servicio de Publicaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura. Madrid.



## CAPÍTULO 6B: DETERMINACIÓN DE ZONAS DE OLIVAR DE MONTAÑA PARA LA RESTAURACIÓN DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE

Arriaza, M.<sup>1</sup> y Nekhay, O.<sup>2</sup>

IFAPA. Centro "Alameda del Obispo"  
Apdo. 3092. 14080 Córdoba

<sup>1</sup> manuel.arriaza@juntadeandalucia.es

<sup>2</sup> olesandr.nekhay.ext@juntadeandalucia.es

### Resumen

En el presente estudio se evalúa la capacidad de restauración de zonas agrícolas olivareras en hábitats de flora y fauna silvestres. La metodología propuesta está basada en el conocimiento de un grupo de expertos, explicitado a través del método *Proceso de Análisis Jerárquico* (AHP), sobre la influencia de algunos elementos del paisaje sobre esta capacidad. La integración de la evaluación a través de AHP en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite aplicar esta metodología a un territorio determinado, en este caso las plantaciones de olivar del municipio de Montoro (Córdoba, España). Teniendo en cuenta que las plantaciones de menor rendimiento presentan un riesgo claro de abandono tras el desacoplamiento de las ayudas, resulta interesante evaluar qué zonas son las más adecuadas para la provisión de funciones no comerciales, entre las que se incluyen la mejora de la diversidad ecológica. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las lindes de la mayoría de las áreas cultivadas (especialmente las zonas de olivar ecológico de baja producción) y las zonas adyacentes al Parque Natural de la Sierra de Cardena y Montoro y a los márgenes de los cauces fluviales son las más adecuadas esta restauración. Estos resultados están de acuerdo con otros estudios realizados sobre la biodiversidad, basados en la evaluación de las preferencias de una especie o un grupo de especies indicadoras.

Palabras clave: AHP, SIG, olivar, restauración de hábitat.

### Abstract

This study adopts a twofold methodological approach to assessing the suitability of agricultural areas for wildlife habitat restoration. Embedding expert judgments through an Analytic Hierarchy Process (AHP) about the effect of specific elements of the landscape on ecological diversity permits the most suitable agricultural area to be selected by means of

<sup>19</sup> Esta investigación ha sido financiada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) mediante el proyecto RTA04-086.



Geographical Information Systems (GIS). The case study is the olive plantations of the mountain areas of Andalusia (Spain) which, because of their low yield, are likely to be abandoned after the decoupling of the EU olive oil subsidies. The results suggest that the edges of major agricultural areas (mostly olive groves), the natural vegetation and areas adjacent to Natural Park with oaks would be most suitable for wildlife habitat restoration. These results are in agreement with those of studies carried out by other researchers on biodiversity, based on either individual or groups of species.

Key words: AHP, GIS, olive grove, habitat restoration.

## 1. Introducción

La última reforma de la PAC ha supuesto una apuesta decidida por un modelo dual de agricultura europea: por un lado se intenta orientar las producciones agrícolas hacia las demandas del mercado y por otro se pretende maximizar la provisión de externalidades positivas por parte del sector agrario. De esta forma, el apoyo a los agricultores se intenta justificar cada vez más no por su producción alimentaria sino por la provisión de servicios que se encuadran dentro de un carácter multifuncional de la agricultura [1 y 2]. Desde este enfoque de provisión de bienes y servicios no comerciales la preservación de la biodiversidad juega un papel relevante, tal y como se señala en el debate abierto sobre el futuro de la agricultura andaluza por la Administración regional [3]:

«La conservación y mantenimiento de la biodiversidad regulada normativamente es un factor que va a condicionar la agricultura y ganadería, en un contexto general de protección y de los valores ambientales del que participan diferentes ámbitos normativos (agrarios, medioambientales, etc.). La propia agricultura comunitaria participa explícitamente de este objetivo de garantizar la biodiversidad a través de las Directivas Hábitats (79/409/CEE) y Aves (92/43/CEE), concretadas normativamente con la creación de la Red Natura 2000.

La necesidad de conservar los importantes valores ambientales andaluces exige el desarrollo de sistemas de manejo y gestión de los recursos, tanto agrarios como forestales, que contribuyan al desarrollo sostenible y donde se coordinen las diferentes medidas y actuaciones dentro de un enfoque territorial e integral.»

A este vector de cambio hay que añadir el impacto del nuevo sistema de apoyo al sector del olivar. Con el desacoplamiento de las ayudas a la producción, los oleicultores no están obligados a seguir produciendo para recibir esta ayuda por lo cual aquellos olivares menos productivos, generalmente en zonas de montaña, presentan un alto riesgo de abandono de la

actividad productiva. Teniendo en cuenta que las zonas en las que se encuentran estos olivares suelen tener un alto valor ambiental, en muchos casos adyacentes a Espacios Naturales Protegidos, su abandono generalizado puede poner en riesgo el equilibrio ecológico de la zona. Es por ello que la localización de las zonas más idóneas para la restauración de flora y fauna silvestre puede aminorar este riesgo.

Asimismo, el trasvase de las ayudas por parte de la Unión Europea del primer hacia el segundo pilar permite considerar estas zonas como potenciales receptoras de ayudas adicionales por la provisión de bienes y servicios no comerciales, en este caso por la conservación y mejora de la biodiversidad. En este sentido, se han realizado algunos esfuerzos para establecer índices cuantitativos de biodiversidad, como son los indicadores del uso sostenible [4, 5]. Asimismo es importante destacar los trabajos de la OCDE que recomiendan prestar atención a los elementos antrópicos y su influencia en la calidad de los hábitats naturales [3]. El procedimiento expuesto por esta institución sirve de base para el presente estudio.

Existen varias alternativas para evaluar el potencial de restauración de zonas agrícolas tanto para flora como para fauna silvestre [6, 7]. En el presente estudio se combinan las técnicas de análisis multicriterio con el uso de los sistemas de información geográfica (SIG). En la actualidad podemos encontrar numerosos trabajos de aplicación conjunta de las técnicas multicriterio y los sistemas de información geográfica (SIG), entre ellos [8, 9 y 10].

Con respecto al **análisis multicriterio**, está basado en la hipótesis de que la toma de decisiones de los individuos o instituciones no se guían por un único objetivo (por ejemplo, en el caso de los agentes económicos, por la maximización del beneficio) sino por la consideración de múltiples objetivos en conflicto (siguiendo con el ejemplo, la maximización del beneficio al mismo tiempo que la minimización del riesgo y del capital circulante). De las posibles técnicas multicriterio el Proceso de Análisis Jerárquico (en inglés, *Analytic Hierarchy Process* ó simplemente AHP), elaborado por Saaty [11], presenta la ventaja de comparar criterios dos a dos, facilitando el proceso elección del centro decisor, en nuestro caso, el grupo de expertos que valoraron cómo cada elemento del paisaje contribuye al objetivo de restauración de la flora y la fauna silvestre.

## 2. Zona de estudio y objetivo

La zona de estudio se encuentra en el Sur de España, dentro de la Comunidad Autónoma de Andalucía, en la provincia de Córdoba, en el término municipal de Montoro (ver Mapa 1). Presenta un clima mediterráneo continental con precipitaciones repartidas irregularmente durante el año. La superficie del municipio es de 58.573 hectáreas.

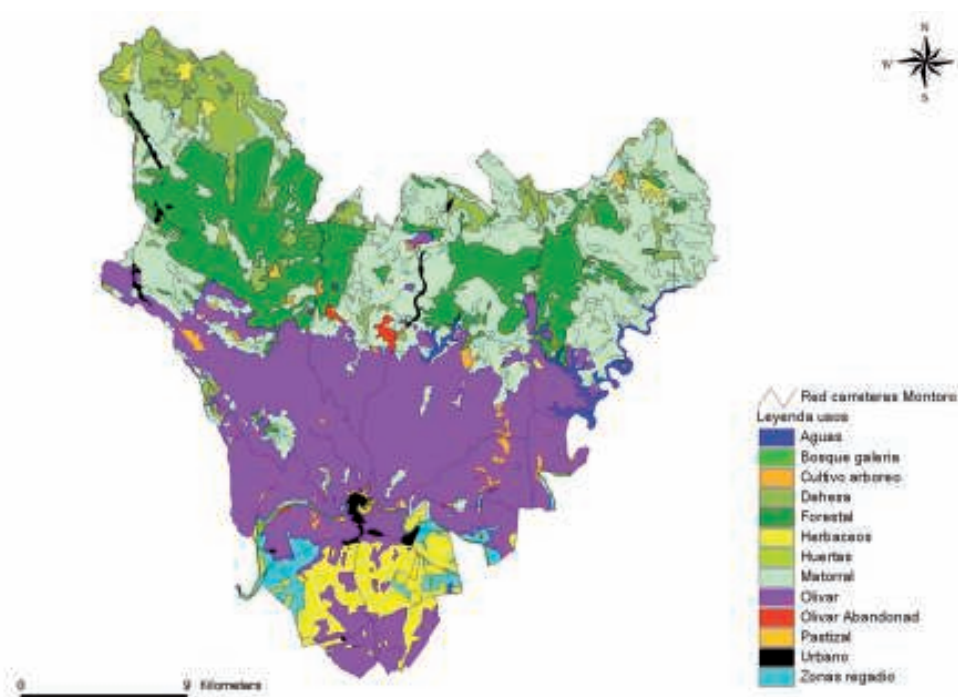


Figura 1. Fuente: Consejería de Medio Ambiente [12].

El olivar, con una ocupación del 34% del total de la superficie del municipio, presenta un abanico de sistemas de producción, con rendimientos que van desde los 100 hasta los 10.000 kg/ha. Existe un alto grado de parcelación: el municipio contabiliza más de 11.200 parcelas olivareras, más las parcelas con otros usos agrícolas. El uso de la cubierta vegetal no es frecuente en la mayoría de las plantaciones. El laboreo continuo se da incluso en zonas de alta pendiente<sup>20</sup> Las plantaciones del sur del municipio, que se encuentran en las zonas más llanas, son más aptas para la aplicación de técnicas intensivas de producción. En el norte, por el contrario, el olivar de baja productividad (menos de 1.000 kg/ha) muestra ya signos de abandono en muchos casos debido al desacoplamiento de las ayudas.

El uso del territorio en este municipio lo hacía particularmente interesante para su análisis espacial por la presencia de diferentes sistemas agrarios (olivar, cultivos herbáceos y dehesa) y el Parque Natural de la Sierra de Cardeña y Montoro, el cual se encuentra situado entre estos dos municipios y ocupa una extensión de 15.214 ha (el 26% en el municipio de Montoro). El Parque Natural, en el cual se dan usos agrícolas, forestales y de dehesa, tiene un gran valor medioambiental y paisajístico, albergando numerosas especies silvestres que se

<sup>20</sup> A falta de datos estadísticos fiables, hemos basado el análisis en observaciones directas hechas en las múltiples salidas al campo y en el examen visual del paisaje.

encuentran en peligro de extinción. Entre las especies arbóreas, destaca la presencia del roble melojo (*Quercus pyrenaica*), único en la provincia, la encina (*Quercus rotundifolia*), los quejigos (*Quercus faginea*), los acebuches (*Olea europea var. sylvestris*) y el pino (*Pinus pinea*). Entre las especies carnívoras destaca: el lince Ibérico (*Lynx pardina*), el cual constituye el símbolo del Parque Natural, así como el lobo (*Canis lupus*) y el gato montés (*Felis sylvestris*). Entre los herbívoros de interés cinegético nos encontramos con el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), la liebre (*Lepus capensis*), el ciervo (*Cervus elaphus*), el gamo (*Dama dama*), el jabalí (*Sus scrofa*) y el muflón (*Ovis musimon*), junto con una multitud de aves que encuentran aquí su refugio.

### 3. Metodología

La metodología propuesta para la evaluación del potencial de restauración que tiene la flora y la fauna silvestre en la zona de estudio consta de tres partes:

- Realización del inventario de los elementos naturales y antrópicos que influyen sobre el hábitat de la flora y la fauna silvestre.
- Aplicación del método multicriterio AHP al grupo de expertos para determinar la importancia de cada elemento en la potencialidad de restauración.
- Integración territorial en un SIG de la información generada en las dos fases anteriores. A partir de este análisis espacial se obtiene un mapa de potencialidad de restauración del territorio.

#### 3.1. Los elementos naturales y antrópicos como indicadores del potencial de restauración del hábitat

Numerosos estudios previos basan la calidad del paisaje a partir de la presencia de elementos antrópicos (ver por ejemplo Osinki, [13]). Forman y Godron [14] y Forman [15] definen el paisaje como una matriz de diferentes elementos: carreteras, áreas urbanas, vegetación natural, terrenos agrícolas, *etcétera*. Según Turner [16] los diferentes elementos del paisaje (antrópicos y naturales) inciden de una u otra forma sobre los procesos ecológicos. En este trabajo, las teorías de Forman y Turner se han combinado con la opinión de un grupo de expertos sobre el efecto positivo o negativo de cada elemento sobre la potencialidad de restauración de las zonas olivareras. La tabla siguiente presenta los elementos que se han considerado como relevantes en la determinación del potencial de restauración del olivar de la zona de estudio:

**Tabla 1. Elementos “positivos” y “negativos” del paisaje en relación con la restauración del hábitat natural.** Fuente: Elaboración propia.

Elementos positivos	Elementos negativos
Los cursos de agua existentes en el territorio	Los núcleos urbanos
La vegetación natural	Las carreteras e infraestructura viaria
La protección del Parque Natural	El cultivo de olivar según el grado de intensificación
	Los tendidos eléctricos de alta tensión

### 3.2. El Proceso del Análisis Jerárquico (AHP)

El método AHP fue desarrollado a finales de los años 70 del siglo pasado por Thomas L. Saaty con el objetivo de apoyar la reducción del armamento nuclear de la Unión Soviética y los Estados Unidos [11]. Él propuso desarrollar una estructura jerárquica del problema de la toma de decisión para estructurar y ordenar todo el proceso. Una revisión de las aplicaciones realizadas a través de este método puede encontrarse en Vaidya y Kumar [17].

En este estudio el método AHP se ha utilizado para determinar el peso relativo de cada uno de los elementos del paisaje según la opinión del grupo de expertos. Dado que en el estudio se han utilizado elementos “positivos” y “negativos”, ha sido necesario manejarlos según las recomendaciones teóricas de Saaty y Ozdemir [18] y la aplicación práctica de Millet y Schoner [19]. Este último trabajo analiza el uso de valores negativos, lo cual no es habitual en el modelo AHP clásico.

A cada experto se le pidió que, por parejas, decidiera qué elemento era más importante en la potencialidad de restauración, luego que indicara el grado de intensidad de esa superioridad (entre 1, ambos elementos son igualmente importantes, y 9, el elemento elegido tiene una importancia absoluta sobre el otro). Las comparaciones por parejas se realizaron separando los elementos negativos por un lado y los positivos por otro. Para la agregación final se le asignó el mismo peso al grupo de elementos positivos que al compuesto por los negativos. En el análisis de sensibilidad que se realizó posteriormente se comprobó, entre otros, este supuesto de igualdad de importancia de los grupos.

El grupo de expertos estaba formado por un técnico de Medio Ambiente participante en la restauración de hábitats del Parque Natural de la Sierra de Cardeña y Montoro, dos investigadores del departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal de la Universidad de Córdoba, dos investigadores del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera y un experto de la Universidad de Dnipropetrovsk (Ucrania) en regeneración de hábitats.

### 3.3. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica

Se ha utilizado el programa ArcGis 9.1. como plataforma para la representación, el manejo y el análisis de la información espacial. La información espacial que se ha utilizado en el estudio ha sido la siguiente:

- Mapa de usos (1999; 1:50.000) [12].
- Ortofotos en blanco y negro (2001-2002; 1:5.000) y de color (2005; 1:10.000)
- Mapa de las parcelas agrícolas de Montoro (2004; 1:25.000)
- Mapa de la infraestructura viaria (1999; 1:25.000)

Estos materiales han sido facilitados por el Instituto Cartográfico de Andalucía de la Junta de Andalucía.

## 4. Resultados

### 4.1. Determinación de las zonas de olivar adecuadas para la restauración de flora y fauna silvestre

Siguiendo las sugerencias de Saaty y Ozdemir [18] y de Millet y Schoner [19] los elementos “positivos” y “negativos” del paisaje han sido procesados por separado. Se ha asignado una importancia igual a ambos grupos. Las respuestas agregadas del grupo de expertos están representadas en las tablas 2 y 3 junto con los pesos relativos derivados de sus repuestas a través de AHP.

**Tabla 2. Matriz agregada de las evaluaciones para elementos “positivos” del paisaje**

	Cursos de agua	Vegetación natural	Área del Parque Natural	Pesos
Cursos de agua	1	1,21	1/1,16	0,33
Vegetación natural	1/1,21	1	1/1,58	0,27
Área del Parque Natural	1,16	1,58	1	0,40

CR=0.0015; CI=0.0078;  $\max=3.0016$

**Tabla 3. Matriz agregada de las evaluaciones para elementos “negativos” del paisaje**

	Núcleos urbanos	Carreteras	Zonas agrícolas	Tendidos eléctricos de alta tensión	Pesos
Núcleos urbanos	1	2,61	7,86	7,98	0,59
Carreteras	1/2,61	1	3,91	4,83	0,27
Zonas agrícolas	1/7,86	1/3,91	1	1,82	0,08
Tendidos de alta tensión	1/7,98	1/4,83	1/1,82	1	0,06

CR=0.0181; CI=0.0161;  $\max=4.0483$

A partir de las comparaciones por parejas del grupo de expertos, el elemento positivo de mayor influencia en la restauración de hábitats naturales en zonas de olivar es el área de influencia del Parque Natural, seguido por la existencia de cursos de agua. En el caso de los elementos negativos, claramente la influencia de los núcleos urbanos es mucho mayor que la del resto de elementos.

A continuación, a partir de los trabajos realizados por diversos autores [20, 21, 22, 23, 24] y su posterior contrastación con el grupo de expertos consultados, se ha estimado la zona de influencia de cada elemento sobre la potencialidad de restauración del olivar para flora y fauna silvestre. En la Tabla 4 y 5 aparecen estas distancias para los elementos positivos y negativos, respectivamente.

**Tabla 4. Evaluación de las zonas de influencia de los elementos “positivos”**

Elementos del paisaje	Evaluación relativa de las zonas de influencia (x 100m)								
	1=Min	2	3	4	5	6	7	8	9=Max
Cursos de agua					5-4	4-3	3-2	2-1	<1
Vegetación natural				5-4	4-3	3-2	2-1	<1	Vegetación Natural
Protección por el Parque Natural				5-4	4-3	3-2	2-1	<1	Parque Natural

Como indica la tabla anterior, los cursos de agua tienen una influencia máxima (con un valor de 9 en la escala ordinal de 0 a 9) en aquellas zonas del territorio localizadas a menos de 100 metros de estos cursos. Si nos alejamos a una franja entre 100 y 200 metros, el grado de influencia en la restauración del hábitat para flora y fauna baja a 8, y así sucesivamente hasta una distancia de 400-500 metros, con un grado de influencia de valor 5, a partir de la cual los cursos no tienen influencia.

**Tabla 5. Evaluación de las zonas de influencia de los elementos “negativos”**

Elementos del paisaje	Evaluación relativa de las zonas de influencia (x 100m)								
	1=Min	2	3	4	5	6	7	8	9=Max
Núcleos urbanos				9-8	8-7	7-6	6-5	<5	Urbano
Infraestructura viaria					5-4	4-3	3-2	2-1	<1
Tendidos eléctricos de alta tensión					<1				
Plantaciones de olivar		Marginales			Tradicionales		Intensivas		

En el caso de los elementos con un impacto negativo sobre esta capacidad de restauración, los núcleos urbanos tienen un efecto negativo con un valor de 8 (en la misma escala que va desde 0, ningún efecto, hasta 9, efecto máximo) hasta una zona de 500 m. A partir de los 900 m no se considera que tenga ningún efecto sobre la potencialidad de recuperación del hábitat natural de flora y fauna. De igual forma, el efecto negativo de las carreteras des-

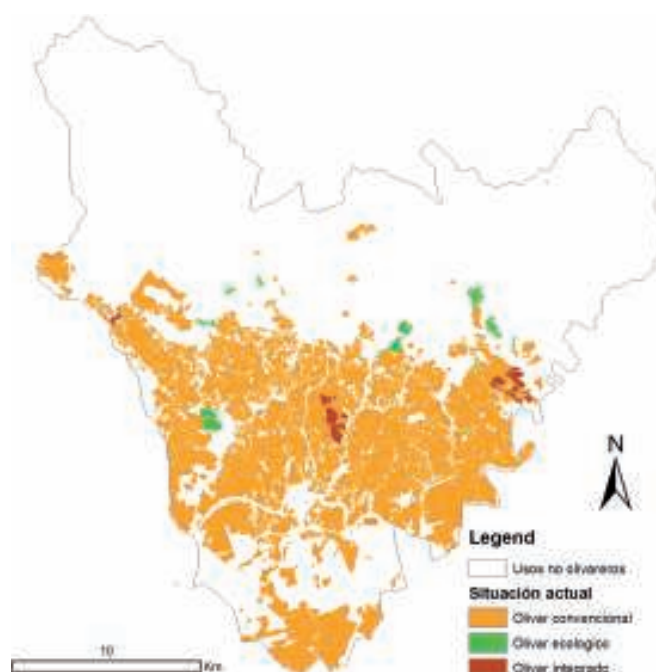
aparece a partir de los 500 m. El efecto de los tendidos eléctricos aparece sólo como una franja de 100 m, con una importancia de 5 en esta escala. También el tipo de plantación de olivar influye en esta capacidad de restauración, siendo las plantaciones marginales (con menos de 80 árboles/ha y rendimientos inferiores a 1.000 kg/ha) las que tienen un menor efecto negativo (sólo 2), frente a las plantaciones intensivas (más de 140 árboles/ha y rendimientos superiores a 6.000 kg/ha), en donde el impacto crece hasta un valor de 7.

Debido a las exigencias del método AHP, la escala anterior de 1 a 9 debe reconvertirse a otra que varíe entre 0 y 1, tal y como aparece en la Tabla 6:

**Tabla 6. Resultados de reconversión de escala 1 a 9 a escala 0 a 1**

Valores anteriores	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valores nuevos	0	0.125	0.250	0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.000

Al objeto de implementar el modelo se ha realizado una reclasificación del uso del territorio en las siguientes clases: vegetación natural, terrenos agrícolas, núcleos urbanos, lagos y embalses. Los ríos y arroyos han sido considerados como estructuras lineales del paisaje. Las parcelas olivareras han sido separadas en tres tipos según el nivel de intensificación, dicho nivel ha sido determinado a partir de la productividad y de la densidad de árboles de las fincas. Respecto al tipo de gestión del olivar, el 96% de la superficie es ocupada por olivar de producción convencional, el 2% por olivar de producción integrada y el resto por olivar ecológico de baja producción, tal y como muestra el mapa siguiente:



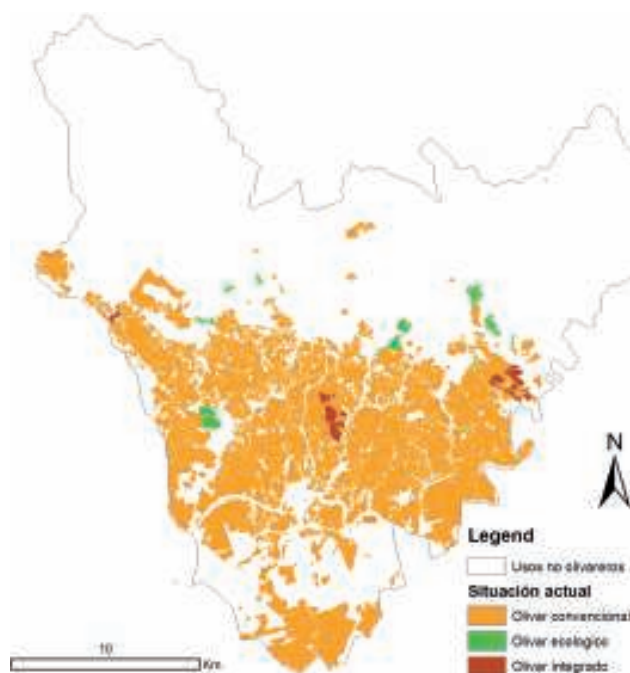
Mapa 2. Tipo de gestión del olivar en el municipio de Montoro



A continuación se han generado las zonas de influencia de los elementos de paisaje considerados, a través de una rutina de ArcGis 9.1 llamada "Buffer creation".

Una vez asignado el valor relativo a cada área de influencia dependiendo de su ubicación, se calculó el valor para la jerarquía negativa y la positiva a través de la suma lineal ponderada, recomendada por Saaty [11] y por Malczewski [25] para la aplicación del AHP en los SIG.

La fase final del análisis consistió en la superposición cartográfica de las jerarquías positiva y negativa utilizando para este fin la calculadora de álgebra de mapas, en análisis *raster*. Dada la importancia relativa de las prioridades negativas, debido a la fuerte influencia de los elementos antrópicos, ciertas partes del mapa resultante obtuvieron valores negativos, lo cual se corresponde con aquellos lugares menos adecuados para la restauración del hábitat de flora y fauna silvestre. Para tener la posibilidad de comparar los diferentes escenarios en el análisis de sensibilidad y facilitar la comprensión de los resultados se realizó una reclasificación en una escala de -1 a +1, tal y como muestra el Mapa 3:



Mapa 3. Mapa de evaluación del potencial de restauración del hábitat para la flora y fauna silvestres

Como puede observarse, las plantaciones de olivar más cercanas a los elementos naturales obtienen valores más altos (en verde), lo que indica su relativa conveniencia para la restauración de la flora y la fauna autóctona.

#### 4.2. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad está recomendado para cualquiera valoración de tipo multicriterio. En el presente estudio se ha realizado con el objetivo de analizar la estabilidad de los resultados ante cambios en los parámetros del modelo. Entre las posibles alternativas a considerar, se optó por las siguientes:

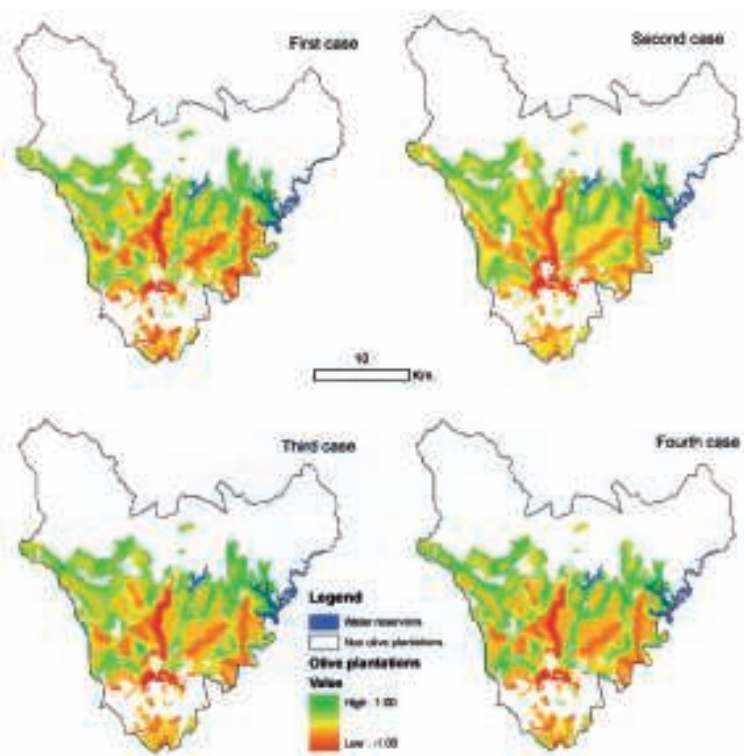
Caso 1: Todos los factores tienen igual importancia (0,333 para los factores positivos y 0,250 para los factores negativos, ya que hay 3 y 4, respectivamente).

Caso 2: El grupo de elementos negativos tiene una importancia superior al grupo de elementos positivos, pasando así de 0,5 a 0,7 para los primeros y de 0,5 a 0,3 para los segundos.

Caso 3: Se han intercambiado los pesos relativos de la vegetación natural y del Parque Natural.

Caso 4: Se ha considerado la desaparición de la protección del Parque Natural.

Los cuatro mapas que se presentan a continuación muestran el impacto del cambio de los parámetros en los resultados del modelo:



Mapa 4. Mapa de análisis de sensibilidad del modelo

Como puede apreciarse, las zonas de olivar declaradas como óptimas para la restauración de flora y fauna silvestre no varía de forma sustancial con respecto a la simulación inicial, lo cual es indicativo de la estabilidad del modelo y de la aceptación de los resultados iniciales como válidos para este análisis del territorio agrícola del municipio de Montoro.

## 5. Conclusiones

Teniendo en cuenta el progresivo interés por las funciones no comerciales de los sistemas agrarios, la posibilidad de cuantificar estas funciones y determinar qué zonas son las más idóneas para su provisión representa un elemento fundamental en la toma de decisiones a la hora de planificar un desarrollo sostenible del mundo rural y en la asignación de ayudas públicas.

En las zonas de montaña con olivar de bajo rendimiento debido al desacoplamiento de las ayudas existe un riesgo claro de abandono de la actividad agrícola (en muchos casos ya es una realidad). Debido al alto valor ambiental de la mayoría de estas zonas resulta interesante determinar cuáles serían las más idóneas para la restauración de la flora y la fauna silvestre, apuntándose así qué zonas serían susceptibles de percibir la compensación en forma de ayuda por parte de las autoridades públicas por la provisión de este tipo de bien ambiental.

En el presente estudio se combinan la opinión de un grupo de expertos sobre cómo cada elemento del territorio contribuye, de forma positiva o negativa, en la capacidad de regeneración de este tipo de hábitat silvestre a partir de olivares de montaña con baja productividad, con el análisis espacial de la influencia cruzada de estos elementos. De esta forma, los sistemas de información geográfica permiten obtener un mapa de potencialidad de restauración del territorio analizado, en este caso el municipio de Montoro en la provincia de Córdoba.

La estructuración del modelo permite la inclusión de nuevos elementos del paisaje y la adecuación hacia la búsqueda de otros objetivos no comerciales de la agricultura, por ejemplo la lucha contra la erosión o la provisión de paisajes culturales, elementos ambos importantes en el olivar de montaña.

Los resultados obtenidos, en gran medida apoyados por el análisis de sensibilidad realizado, sugieren que son las zonas próximas a los cauces de los ríos, las parcelas adyacentes a los olivares con sistema de producción ecológica y las zonas colindantes con el Parque Natural de la Sierra de Cardeña y Montoro las que presentan un mayor potencial de restauración.

## Referencias

- 1 OCDE (2001). *Environmental Indicators for Agriculture, vol. 3, Methods and Results*. OCDE, Paris.
- 2 OCDE. 2003. *Multifunctionality: The policy implications*. Paris.
- 3 Consejería de Agricultura y Pesca (2007). Factores externos e internos que obligan a repensar la agricultura andaluza. Junta de Andalucía, Sevilla.
- 4 Duelli, P. y Orbist, M. 2003. *Agriculture Ecosystems and Environment* **98**: 87-98.
- 5 Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M. y Shaw, P. (Eds.) (2005) *Handbook of Biodiversity Methods, Survey, Evaluation and Monitoring*. Cambridge University Press, Cambridge, 570 pp.
- 6 Santelmann, M., Freemark, K., Sifneos, J. y White, D. (2006). *Agriculture Ecosystems and Environment* **113**: 243-253.
- 7 Polomé, P., Marzetti, S. y Van Der Veen, A. (2005). *Coastal Engineering* **52**(10-11): 819-840.
- 8 Thirumalaivasan, D., Karmegam, M. y Venugopal, K. (2003). *Environmental Modelling and Software* **18** (4): 645-656.
- 9 Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H. y Kanno, T. (2005). *Engineering Geology* **81**: 432-445.
- 10 Neaupane, K.M. y Piantanakulchai, M. (2006). *Engineering Geology* **85**: 281-294.
- 11 Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill, New York.
- 12 Consejería de Medio Ambiente (2001). *Usos de Suelo de Andalucía*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- 13 Osinsky, E. (2003). *Agriculture Ecosystems and Environment* **98**: 371-386.
- 14 Forman, R.T.T. y Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- 15 Forman, R.T.T. (2001). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University, Cambridge.
- 16 Turner, M.G. (1989). *Annual Review of Ecology and Systematics* **20**: 171-197.
- 17 Vaidya, O.S. y Kumar, S. (2006). *European Journal of Operational Research* **169**: 1-29.
- 18 Saaty, T.L. y Ozdemir, M.S. (2003). *Mathematical and Computer Modelling* **37**: 1063-1075.
- 19 Millet, I. y Schoner, B. (2005). *Computers and Operations Research* **32**: 3163-3173.
- 20 Naiman R.J., Decamps H. y Pollock, M. (1993). *Ecological Applications* **3**(2), 209-212.
- 21 Malanson G.P. (1993). *Riaprian landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 22 Naiman R.J. y Decamps, H. (1997). *Annual Review of Ecology and Systematics* **28**: 621-658.
- 23 Shields, D.F., Cooper Jr., C.M., Knight, S.S. y Moore, M.T. (2003). *Ecological Engineering* **20**(5), 441-454.
- 24 Corbacho, C., Sánchez, J.M. y Costillo, E. (2003). *Agriculture, Ecosystems & Environment* **95**(2-3): 495-507.
- 25 Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, New York.



## CAPÍTULO 7: CONTROL DE PLAGAS

Enrique Quesada-Moraga<sup>1\*</sup>, Mercedes Campos-Aranda<sup>2</sup>, Cándido Santiago-Álvarez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Entomología Agrícola. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas. E.T.S.I.A.M. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Edificio C4 "Celestino Mutis". Apartado 14071. Córdoba. España.

<sup>2</sup> Estación Experimental del Zaidín. Departamento de Protección Ambiental, C.S.I.C. Profesor Albareda nº 1. 18008 Granada. España

\* Autor para correspondencia. E-mail: cr2qumoe@uco.es

### 7.1. El Control de Plagas en la transición hacia la sostenibilidad agrícola

El abigarrado conjunto de especies animales asociado al olivar, cultivo leñoso de dilatada presencia espacial y temporal, se distribuye entre las que utilizan cualquier parte de la planta, muestran perennidad: raíz, tronco, ramas, etc. o aparición en cada ciclo vegetativo: yemas, hojas, flores, frutos, etc., para su crecimiento y desarrollo (fitófagos), las que se valen de éstas para idéntico fin (depredadores y parasitoides) y aquellas que van en busca de refugio o sostén (comensales).

Las especies fitófagas, son las únicas que con su acción pueden comprometer la buena marcha del cultivo, hasta el punto de poner en serio riesgo tanto la producción anual como el vigor y la vida de cada árbol en particular. Las plagas que originan suponen una clara restricción a la producción oleícola tanto por la reducción en los rendimientos que ocasionan los daños como por el incremento en los costes totales de producción debidos a las medidas aplicadas para su control. Las pérdidas asociadas a la acción de los agentes causantes de daño y enfermedad suponen aproximadamente un 30% de la producción del olivar, el 10% se imputa a las dos principales plagas de insectos, *Bactrocera oleae* (Gmelin) y *Prays oleae* (Bernard), unos 800 millones de euros anuales según datos del IOOC (Internacional Olive Oil Council). Además, el control anual de plagas y enfermedades del olivo excede los 100 millones de euros, 50% de los cuales corresponden a insecticidas y fungicidas, sin tener en cuenta el coste de los efectos secundarios que estos acarrearán. Por ello, dada la importancia económica y social de este ancestral cultivo, entre las prácticas olivícolas se deben llevar a cabo oportunas y eficaces medidas de protección realizadas bajo los criterios que animan la sostenibilidad en agricultura.

Los objetivos iniciales de la Política Agraria Común se dirigían a crear una **Agricultura Productivista**, semejante a la de EEUU, éstos se cumplieron, pero a cambio de una serie de efectos no deseados, asociados a la secuencia más normal del modelo (1): Agricultura + fertilizantes + productos fitosanitarios + mejora genética + política de precios mínimos que originan revolución verde, intensificación de la producción y por tanto aumento de excedentes y su gasto de gestión y degradación del medio.

Frente a este modelo productivista, surge el denominado **Producción Agraria Ecológica**, que viene a responder a una demanda cada vez mayor en algunos sectores de la población, pero que debido a sus principios innatos, y en el contexto de una población mundial creciente, difícilmente garantizaría el abastecimiento de productos agrarios a precios asequibles, o en su caso podría crear una necesidad de aumentar la superficie cultivada en detrimento de la forestal, para no poner en peligro la producción global de alimentos mundiales.

Entre estas dos concepciones opuestas, se intercala una nueva, la Agricultura Sostenible, que persigue satisfacer las necesidades alimenticias del presente, sin poner en peligro las de las generaciones venideras (2, 3) al amparo de lo que se da en llamar Gestión Agraria Integrada de donde emanan los principios que rigen todas las actuaciones y en particular las relativas al Control Integrado de Plagas, Enfermedades y Malas Hierbas.

*La herramienta de la Agricultura Sostenible es la Gestión Agraria Integrada o Producción Integrada, y uno de sus componentes, el Control Integrado de Plagas, contribuye mejor que ningún otro sistema a respetar el sutil equilibrio que existe entre la vertientes económica, ambiental y social de la olivicultura*

**Es necesario continuar con la producción de alimentos variados y de calidad a unos costes razonables.** Ello requiere por tanto el empleo de medidas de control de plagas, para obtener buenos rendimientos, pero sólo cuando sea rentable aplicarlas, es decir, cuando los daños alcancen los umbrales económicos. Si se evitan los tratamientos fitosanitarios innecesarios, mejora la calidad del producto (menos residuos etc.) y también incide en el siguiente punto.

**Esta actividad debe realizarse con el menor impacto ambiental y teniendo en cuenta las demandas sociales respecto a la conservación de la naturaleza, del medio rural etc.** En consecuencia las medidas de control empleadas deben ser, de entre todas las disponibles, las que originen el menor impacto en el medio, en la salud del hombre actual, y en los recursos de las generaciones venideras.

*En este contexto, es necesario eliminar progresivamente la práctica de utilizar calendarios de tratamientos y no realizar aplicaciones indiscriminadas, sin prescripción técnica, de gran raigambre en nuestra olivicultura, en suma amplitud de miras que permita llevar actuaciones a otros niveles en favor de la sostenibilidad de este cultivo mediterráneo clave*

## 7.2. Plagas de insectos y ácaros en olivar

Este perdurable agroecosistema, en el que se han establecido relaciones de las que dependen en gran medida los equilibrios biológicos, está caracterizado por una notable estabilidad biocenótica y aunque alberga algo más de un centenar de especies de fitófagos, repartidas entre Invertebrados y Vertebrados, con primacía numérica de aquéllos otorgada por los insectos seguidos de los ácaros, solo un reducido número de ellas originan plagas en el olivar.

La práctica totalidad de los órdenes de insectos que manifiestan hábito alimenticio fitófago está representada, con distintos números de especies, en la fauna asociada a este cultivo aunque cabe señalar la desigual importancia práctica y económica de cada una de las especies por la extensa superficie donde aquel se asienta (4, 5).

Los **ortópteros**, langosta y saltamontes, originan daños ocasionalmente; la única especie de **tisanópteros**, *Liothrips oleae* (Costa), el arañuelo, tiene importancia local o temporal; en cuanto a los **hemípteros**, en el suborden **heterópteros** alcanza importancia local el mirido *Calocoris trivialis* (Costa), pero del considerable número de especies del suborden **homópteros**, sobresale en importancia por su amplia difusión el cócido (lecánido) *Saissetia oleae* (Olivier), cochinilla de la tizne, sin embargo los diaspíridos *Lepidosaphes ulmi* (L.), *Parlatoria oleae* (Colvée), el afalárido *Euphyllura olivina* (Costa), y el cicádido *Cicada orni* L. sólo la alcanzan de forma temporal o local; entre los **coleópteros** destacan con importancia media los barrenillos *Phloeotribus scarabaeoides* (Bernard), *Hylesinus oleiperda* F. y local o temporalmente, el curculiónido *Othiorrhynchus cribricollis* (Gyllenhal) y los escarabeidos *Melolontha papposa* Ill. y *Ceramida cobosi* (Báguena); los **lepidópteros** tienen una especie sobresaliente, *P. oleae*, otras de importancia secundaria como *Euzophera pinguis* Haworth, *Margaronia unionalis* (Huebner) e incluso de índole local o temporal, *Zeuzera pyrina* L.; los **dípteros**, aunque su representación resulta escasa, destacan porque aportan el fitófago clave en las principales áreas olivícolas mediterráneas, *B. oleae*, la mosca del olivo y otra de importancia local o temporal *Resseliella (Clinodiplosis) oleisuga* (Teargioni-Tozzetti).

Las especies de **ácaros** que viven sobre olivo, monófagos u oligófagos, pertenecen a las superfamilias Eriophyoidea y Tetranychoida (Acari, Acariformes). De las 30 especies señaladas, 12 pertenecen a la familia Eriophyidae, 17 a la Tenuipalpidae y 1 a la Tetranychidae, pero solo alcanza importancia, y esta es de carácter secundario, el eriófido *Aceria oleae* (Nalepa).

### 7.3. Daños causados por las plagas de insectos y ácaros en olivar.

Los daños que originan las plagas de insectos y ácaros en el olivo podemos dividirlos en inmediatos, o con repercusión en la cosecha de la campaña agrícola en curso, como son los ataques a yemas, flores, frutos, y diferidos, los que trascienden a otras campañas como son los ataques a las partes perdurables del árbol, brotes, ramas, tronco, raíces.

#### 7.3.1. Daños a los frutos

Los daños a frutos tienen enorme repercusión en la producción, los más sobresalientes son los ocasionados por la mosca, *B. oleae* (Figura 1), que dan comienzo cuando las aceitunas están próximas a su tamaño definitivo, externamente lo primero que se observa son picaduras en el epicarpo, decoloraciones de la piel y depresiones en la superficie cuando han pasado el envero, en el interior deterioro del mesocarpo o pulpa por el consumo de las larvas (Figura 1); la polilla del olivo, *P. oleae*, cuyas larvas barrenan el endocarpo todo lo cual suele ir acompañado con notable caída de fruto. El epicarpo también puede presentar daños como



las mordeduras que realizan las larvas de *M. unionalis*, las deformaciones que originan las picaduras del "arañuelo", *L. oleae*, las decoloraciones que provocan las cochinillas que se asientan en los frutos *L. ulmi* y *P. oleae*.

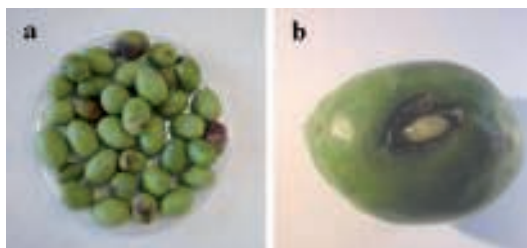


Figura 1. La mosca del olivo *Bactrocera oleae* (Gmelin). (a) Aceitunas picadas; (b) Larva de último estadio.

### 7.3.2. Daños a las flores y botones florales

La flor es el nicho alimenticio para las larvas de la generación antófaga de *P. oleae* (Figura 2) que pueden instalarse en el interior de los botones o en flores abiertas que inutilizan al consumir estambres y pistilos, aunque dada la abundante floración del olivo este ataque no reviste importancia en la mayoría de las zonas. Instalación del algodón o tramilla, *E. olivina*, en las inflorescencias que con sus picaduras y sustracción de savia pueden ocasionar la reducción del cuajado de frutos.

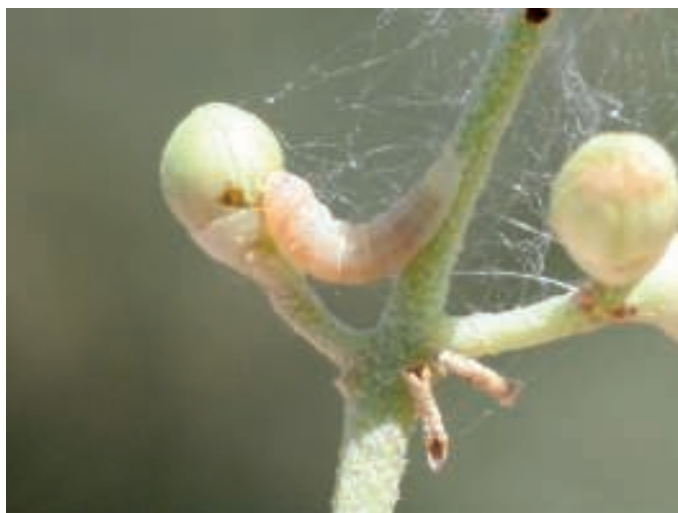


Figura 2. Larva de la generación antófaga de *Prays oleae* (Bernard).

Las picaduras de *C. trivialis* sobre botones y flores originan marchitez y deformaciones que provocan caída. La primera generación anual del “arañuelo” *L. oleae* también puede atacar a botones florales y flores, con consecuencia de caída. El barrenillo *P. scarabaeoides* a veces abre galerías de alimentación donde se asienta el raquis o eje de la inflorescencia y la polilla del jazmín, *M. unionalis*, en ocasiones extiende sus daños a las yemas y botones florales, ataque que puede resultar crítico en viveros.

### 7.3.3. Daños a las hojas

Las hojas albergan desde el otoño las larvas de la generación filófaga de *P. oleae* encerradas en galerías que excavan entre las dos epidermis, en primavera salen al exterior y comen el parénquima de una de las dos caras del limbo, este último proceder también lo manifiestan las larvas de *M. unionalis*, que finalmente pueden consumir el limbo foliar. Los adultos del coleóptero curculionido *O. cribricollis* comen el limbo foliar por los bordes originando un festoneado característico, por otro lado las picaduras sobre hojas tiernas que practican las ninfas del “arañuelo” *L. oleae* originan puntos necrosados y deformación del borde del limbo y a veces caída, finalmente se pueden presentar deformaciones, retorcimientos y agallas o zonas de mayor espesor causadas por el ácaro de la “sarna” *A. oleae*.

### 7.3.4. Daños a los brotes

En los brotes jóvenes también se instala el algodón o tramilla, *E. olivina*, masas de aspecto algodonoso en las que se encuentra el insecto. Las yemas apicales de esta estructura pueden ser comidas por las larvas de la generación filófaga de la polilla del olivo, *P. oleae*, con alguna repercusión si el ataque es a las que en su desarrollo producirán ramos florales, y sobre todo en árboles jóvenes. También las larvas de la polilla del jazmín, *M. unionalis*, comen las hojas en los brotes del pie y de la cima así como en las plantas de vivero. Finalmente, las ninfas y adultos del arañuelo, *L. oleae*, pueden practicar numerosas picaduras en los brotes terminales y laterales que originan desarrollo precario, unido a cortos entrenudos, si es extensivo, afectará la cosecha del año siguiente.

### 7.3.5. Daños a las ramas jóvenes

Las ramas jóvenes del olivo con corteza tierna y verde son propicias para la puesta, en la zona subcortical, del “mosquito de la corteza” *R. oleisuga* cuyas larvas devoran el cambium lo que provoca marchitez y finalmente la muerte de la parte distal del brote, siendo estos daños más importantes en viveros y jóvenes plantaciones. La presencia de costras negruzcas sobre ramas jóvenes, las hembras de la cochinilla de la tizne *S. oleae*, con abundante producción de melaza sobre la que crece la negrilla. Las hembras de la cigarra, *C. orni*, con su oviscapto originan heridas profundas en ramas y ramillas donde depositan la puesta y al quedar inutilizada la zona vascular de la parte afectada, pueden morir las ramillas.

El punto de inserción de las ramitas, también el de las inflorescencias, hojas y frutos es el elegido por los adultos del “barrenillo” *P. scarabaeoides* para practicar las galerías de alimentación que al interrumpir la circulación de la savia se pueden llegar a secar con lo que se ha comprometido la cosecha en curso y la venidera (Figura 3).



Figura 3. Daños causados por *Phloeotribus scarabaeoides* (Bernard) en olivo. La flecha señala orificio de entrada. Nótese los restos de madera próximos al orificio de entrada.

Las cámaras de alimentación realizadas por los adultos de *H. oleiperda* en brotes jóvenes además de debilitarlos y secarlos en su parte distal comprometen la futura producción, aunque el daño principal lo causan las larvas que con sus galerías dificultan la circulación de la savia y en casos extremos pueden detenerla por encima del área infestada. Son infestados árboles debilitados y también sanos; brotes y pequeñas ramas, de 1 a 3 cm. de diámetro, sufren necrosis en la corteza y mueren. Las ramas más gruesas no mueren pero tienen poco follaje y reducida producción.

#### 7.3.6. Daños a ramas y tronco

Las larvas del barrenador de las ramas o abichado, *E. pinguis*, excavan galerías profundas en troncos y ramas que impiden la circulación de savia con el consiguiente amarillamiento, debilitamiento y finalmente la muerte de la parte más distante de la galería. Una larva en la bifurcación de una rama es suficiente para causar la muerte. Las larvas del taladro amarillo de la madera, *Z. pyrina*, excavan galerías en brotes, ramas y tronco que causan considerable reducción de la producción y finalmente la muerte del árbol.

#### 7.3.7. Daños a la raíces

Las larvas de los “gusanos blancos”, principalmente *M. papposa* y *C. cobosi*, devoran raíces de diámetro variable, nunca muy gruesas, que contribuyen a reducir el vigor de los árboles.

## 7.4. Medidas de control de plagas en olivar

Las medidas para el control de las plagas del olivar, agroecosistema complejo que exhibe estabilidad biocenótica (6), tienen que procurar no interferir con los equilibrios biológicos establecidos, para ello las actuaciones deben fundamentarse en la adecuada manipulación de alguno de sus componentes, el cultivo y su manejo agronómico, el fitófago, su comportamiento, su relación con la planta y con sus enemigos naturales, entomófagos y entomopatógenos, etc. Este criterio es el que se seguirá en este capítulo para profundizar en cada una de las medidas aplicables, lo que nos permitirá comprobar la gran interacción que existe entre los distintos eslabones de la cadena trófica en este agroecosistema mediterráneo clave.

### 7.4.1. Medidas legales

A pesar de que en la aceituna de mesa aderezada y en el aceite, principales productos del olivo sometidos a comercio internacional, no se prodiga la presencia de fitófagos, se deberá permanecer vigilantes, al igual que en cualquier otro cultivo, a las regulaciones internacionales al respecto, muy en particular a los listados oficiales (listas A1 y A2 y alerta) de organismos en cuarentena que proporciona la EPPO (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*) (<http://www.eppo.org/QUARANTINE/quarantine.htm>), donde hasta la fecha no se encuentran especies de insectos y ácaros que ataquen al mismo. Por otro lado, el olivar es posiblemente uno de los cultivos donde se dispone de un mayor marco normativo relacionado con la Producción Integrada y la Producción Ecológica, a lo que dedicamos el siguiente epígrafe.

#### 7.4.1.1. Marco normativo

En este apartado se ha realizado una compilación de toda la normativa europea, española y andaluza relacionada con la Producción Integrada y Producción Ecológica, y en particular la relacionada con el Control de Plagas, aunque debe considerarse que el contenido de este documento no es oficial y que puede verse modificado con el tiempo, pues existe un gran dinamismo en estos sectores y en la normativa que los regula.

##### 7.4.1.1.1. Producción agraria integrada en olivar

A pesar del progresivo interés que suscita la Agricultura Sostenible y su herramienta, la **Producción Agraria Integrada**, todo ello de cara a la adopción de prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente, no existe ninguna normativa específica europea que regule la Producción Integrada. Sin embargo, **las consideraciones medioambientales** desempeñan un papel fundamental en la **política agrícola común** al tratar ésta de **integrar en sus normas los problemas medioambientales** y lograr **prácticas agrícolas que protejan el medio ambiente y el espacio rural**. Así, la Unión Europea se ha puesto como objetivo alcanzar un **justo equilibrio entre la producción agrícola competitiva y el respeto por la naturaleza y el medio ambiente**. El proceso de integración se basa en la introducción de medidas para la protección del medio ambiente en los diferentes campos de actuación comunitaria y lleva

consigo la firme resolución de alcanzar la **coherencia entre la política ambiental y la agrícola.**

*Resulta particularmente importante el principio de **ecocondicionalidad**, por el que los olivicultores deben cumplir los requisitos de protección medioambiental como condición para beneficiarse de las ayudas directas, principio ya incluido en la Agenda 2000, y que adquirió carácter obligatorio en la reforma de la PAC de 2003*

En el reglamento (CE) 1259/1999 del Consejo, de 17 de mayo de 1999, por el que se establecen las disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa de la política agrícola común, de aplicación a varias organizaciones comunes de mercado (OCM) que establecen, como medida de apoyo, la concesión de pagos directos a los agricultores, como es la del aceite de oliva, dispone que a la hora de conceder las ayudas directas, los **Estados miembros podrán integrar las consideraciones medioambientales supeditando las ayudas: (a) a compromisos medioambientales; (b) al cumplimiento de requisitos medioambientales generales; (c) al cumplimiento de requisitos medioambientales específicos que constituyan una de las condiciones necesarias para la concesión de los pagos directos.**

En este contexto, *en julio de 2006, la Comisión Europea adoptó una ponencia **A thematic strategy on the sustainable use of pesticides (COM(2006) 372)**, (Una estrategia temática sobre el uso sostenible de los pesticidas), que fue discutida por primera vez en el Parlamento Europeo en octubre de 2007 y una reunión del Consejo Europeo en diciembre de 2007, donde se alcanzó una posición común para elaborar una directiva y para establecer un marco de acción comunitario para alcanzar un uso racional de plaguicidas en mayo de 2008, que se discute en la actualidad dentro de la UE.* Este marco menciona ocho principios fundamentales que deben regir el empleo sostenible de insecticidas y que se refieren a:

- Establecer o reforzar las medidas de prevención o supresión de organismos perjudiciales para los cultivos
- Desarrollar y mejorar las herramientas disponibles para el seguimiento de poblaciones de insectos fitófagos
- Disponer de umbrales de tratamiento para el mayor número posibles de fitófagos y cultivos como base de la toma de decisiones
- Priorizar los métodos de control no químicos
- Emplear en la medida de lo posible métodos de control específicos para minimizar los efectos secundarios
- Tomar medidas de control sólo cuando sea necesario
- Manejar adecuadamente las medidas adoptadas para evitar la aparición de resistencia
- Evaluar los resultados y corregir las estrategias en los casos donde no funcionen.

No obstante, en distintos países de la UE se pretenden añadir algunos aspectos relacionados con la minimización del efecto de las pulverizaciones, sobre todo en referencia a la deriva, mala calibración de equipos de tratamientos, e incluso grabar económicamente los tratamientos innecesarios o mal realizados etc.

Antes de adoptar estos principios, existe un **debate actual sobre algunos aspectos de gran relevancia política y social derivados de la misma, de gran actualidad en el cultivo del olivo**. Destacan entre ellos:

- ¿Hay riesgo de que la adopción de estos principios reduzca el beneficio de los agricultores en sus explotaciones?
- ¿Convendría promover estas prácticas con incentivos?
- ¿Existen en la actualidad mecanismos para supervisar el correcto seguimiento de los principios por parte de los agricultores?
- ¿Necesitan éstos el apoyo de especialistas independientes procedentes de las administraciones públicas para que les supervisen en la adopción de estos principios?
- ¿Existe suficiente y correcta información a los agricultores sobre umbrales de tratamiento y métodos de seguimiento de poblaciones para las plagas clave?
- ¿Existe suficiente y correcta información a los agricultores sobre los riesgos que entraña el uso o abuso de cada insecticida?
- ¿Cómo es el grado de concienciación actual entre los agricultores sobre problemas tan importantes como contaminación, aparición de resistencia, y cómo minimizarlos?
- ¿Sería provechoso disponer de un instrumento para comprobar la eficacia de estas medidas con base en los registros de éxito de los métodos de control de plagas aplicados?
- ¿Se debe mejorar y potenciar la aceptación de métodos de control alternativos a los insecticidas químicos tales como medidas agronómicas, físicas, mecánicas, feromonas, plantas resistentes, control biológico etc.?

En la actualidad, en el **ámbito nacional**, el Real Decreto 1201/2002, de 20 de noviembre, regula la producción integrada de productos agrícolas. Con el fin de incorporar determinados aspectos básicos del Real Decreto se elabora en Andalucía el Decreto 245/2003, de 2 de septiembre, por el que se regula la producción integrada y su indicación en productos agrarios y sus transformados, modificado por el Decreto 7/2008, de 15 de enero. Estos decretos regulan en el ámbito territorial de la **Comunidad Autónoma de Andalucía** aspectos tan importantes como las normas de producción y requisitos generales que deben cumplir los operadores que se acojan a los sistemas de producción integrada de productos agrarios y sus transformados, el uso de las identificaciones de garantía que diferencien estos productos agrarios ante el consumidor y su control, así como la autorización de las entidades de certificación y el reconocimiento de las Agrupaciones de Producción Integrada (API), también el fomento de este tipo de producción agraria.

Asimismo, en la Orden de 13 de diciembre de 2004, modificada por la Orden de 24 de octubre de 2005, por la que se desarrolla el Decreto 245/2003, de 2 de septiembre, modificado por el Decreto 7/2008 de 15 de enero, por el que se regula la producción integrada y su indicación en productos agrarios y sus transformados, se establece el contenido mínimo que tendrán los Reglamentos Específicos, donde se contemplarán las prácticas obligatorias, prohibidas y recomendadas, así como los requisitos generales de producción integrada de Andalucía. Igualmente, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 2 del mencionado artículo, corresponde su aprobación a la Consejería de Agricultura y Pesca, a propuesta de la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera, en el ámbito de sus competencias. De esta forma, **mediante Orden de 15 de abril de 2008 (BOJA nº 23 de 25 de abril de**

2008) se aprueba el Reglamento Específico de Producción Integrada en Olivar en Andalucía (REPIOA) vigente en la actualidad, que deroga el anterior reglamento aprobado por la Orden de 18 de julio de 2002 (BOJA nº 88 de 27 de julio de 2002).

*El Reglamento Específico de Producción Integrada en Olivar vigente en la actualidad en Andalucía es el aprobado por Orden de 15 de abril de 2008 (BOJA nº 23 de 25 de abril de 2008), y a esta normativa debe remitirse toda explotación que quiera acogerse a los principios del Control Integrado de Plagas*

#### 7.4.1.1.2. Producción ecológica en olivar

La normativa europea relacionada con la producción ecológica es abundante, aunque sin lugar a duda, como reglamento base se debe considerar el Reglamento CEE 2092/91, del Consejo de 24 de junio, a pesar de la multitud de modificaciones que ha experimentado y experimenta, consecuencia del gran dinamismo del sector (7). En este sentido, **la Asociación Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (CAAE) (<http://www.caae.es>), constituye un referente en Andalucía de cara a potenciar la Agricultura Ecológica en general, y en particular en olivar, y resulta de gran interés acudir al mismo para encontrar la actualidad normativa del sector.** De especial relevancia para el Control de Plagas son las modificaciones del reglamento CEE 2092/91 incluidas en el Reglamento (CE) Nº 404/2008 de la Comisión de 6 de mayo de 2008.

#### 7.4.2. Medidas de control de plagas basadas en la agronomía del cultivo del olivo

Las distintas prácticas agrícolas, material de propagación, fertilización, riego, manejo de la cubierta del suelo, poda, momento de la recolección etc., pueden tener una gran repercusión en la incidencia de determinadas plagas de insectos y ácaros del olivo. De hecho, varias indicaciones a este aspecto están recogidas en el propio Reglamento Específico de Producción Integrada en Olivar en Andalucía sancionado por Orden de 15 de abril de 2008 (BOJA nº 23 de 25 de abril de 2008).

Así, respecto al **material de propagación** se establece como medida obligatoria la elección de aquel que disponga de certificación, procedente de productores oficialmente autorizados, lo que adquiere especial importancia para evitar problemas posteriores asociados a cochinitas y otros insectos picadores chupadores.

La incidencia de la **fertilización** sobre las plagas de insectos es notoria, en olivar, se ha observado que el uso excesivo de abono nitrogenado da lugar a la aparición de muchos brotes nuevos, lo que facilita que un porcentaje elevado de ninfas neonatas de *S. oleae* encuentren sitio donde asentarse (6). De esta forma, en el REPIOA se apunta a la reducción del abonado nitrogenado como medida para reducir la incidencia de la cochinilla de la tizne *S. oleae*, o incluso no utilizar estiércol con larvas de gusanos. Sin embargo, cuando es equilibrado, al mejorar el estado nutritivo del árbol y por tanto sus mecanismos de defensa, también tiene

efecto sobre aquellos fitófagos que se desarrollan con facilidad sobre árboles debilitados, como *E. pinguis* o *H. oleiperda*.

**El riego**, por su influencia sobre el estado vegetativo del olivo puede favorecer el desarrollo de ácaros, cochinillas y mosca del olivo, por la que ejerce sobre el microclima del suelo ocurre lo propio con el de *O. cribricollis* y gusanos blancos (8).

El **manejo del suelo** incide de un modo particular sobre las plagas del olivar (6), ya que esta práctica agronómica no sólo afecta a las poblaciones de distintos fitófagos (9), sino también a la diversidad de flora, que juega un papel muy importante tanto en la eficacia como en la abundancia de los enemigos naturales presentes (8, 10, 11). La conservación de la vegetación natural de lindes, setos, árboles aislados, bordes de montes, etc., como elemento que contribuye a incrementar la biodiversidad del agroecosistema, aparece en el REPIOA como medida obligatoria. Globalmente, el manejo agronómico convencional, sin considerar los principios del Control Integrado, incide de manera negativa sobre la abundancia de arañas de copa y en menor medida sobre su diversidad. En el caso de las arañas del suelo, éstas se verían beneficiadas por una situación intermedia (manejo integrado) (12). La presencia de una cubierta vegetal aumenta la abundancia de arañas de suelo respecto a la ausencia de la misma, y en cuanto al tipo de cubierta, las naturales favorecen más la abundancia que las plantadas (13). La labor del terreno, negativa para diversos aspectos del cultivo, contribuye sin embargo a eliminar estados edáficos de distintos fitófagos, principalmente pupas (14, 15), aunque también destruyen hormigueros (16, 17, 18), lo que limita su acción beneficiosa (5, 19).

En el cultivo del olivo, **la poda**, tanto por su calidad, como por el manejo de sus restos, constituye una práctica agronómica de gran impacto en la incidencia de plagas o incluso en su control. El efecto de la poda sobre los insectos fitófagos se debe a su función fundamental para modificar el microclima del árbol, facilitar el ataque de fitófagos, o bien eliminar partes del árbol atacadas (6, 9, 10), aspectos todos ellos objeto de recomendación en el REPIOA. Así, se establece que las podas que favorezcan la aireación del árbol contribuye a reducir la incidencia de cochinillas, *S. oleae*, *P. oleae* y *L. ulmi*. En la medida en que se eviten las heridas de poda, se disminuirá la incidencia de *E. pinguis*, y en cualquier caso, es muy importante proteger las heridas causadas bien por la poda, bien por accidentes atmosféricos y culturales. La intensidad de la poda también puede tener su efecto en el ataque de algunos fitófagos; se ha observado que podas severas que produzcan brotes tiernos pueden favorecer el desarrollo de cochinillas en olivar (8). El manejo de los restos de poda es una medida de gran calado social, no en vano el REPIOA promulga como medida obligatoria la eliminación de los restos de poda antes de la salida de adultos de los barrenillos. Además, el control del barrenillo del olivo *P. scarabaeoides* puede llevarse a cabo mediante la colocación de troncos cebos, que deberán ser destruidos antes de la salida de los nuevos adultos, lo que se extiende al barrenillo negro *Hylesinus* sp., o incluso al mosquito de la corteza *R. oleisuga*. Por otra parte, dejar las varetas en olivos afectados por el ataque del escarabajo picudo *O. cribricollis* puede reducir su ataque, por preferir esta especie alimentarse sobre ellas que sobre la parte superior del árbol.



El **tipo y momento de la recolección** también pueden incidir en la actividad de determinados fitófagos; se sabe que las heridas producidas por el vareo favorecen el ataque del mosquito de la corteza *R. oleisuga* e incluso de *E. pingüis*. El REPIOA establece como medida recomendada para olivar de almazara evitar recolecciones tardías que puedan afectar negativamente a la calidad del aceite, entre otras causas porque se favorece la actividad de la mosca del olivo, *B. oleae*.

*Además, en el escenario actual de la olivicultura, cabe preguntarse si las plagas consideradas secundarias para plantaciones convencionales, bien de importancia económica media o local, pueden revestir un mayor problema en las nuevas plantaciones semi-intensivas e intensivas, con las particularidades asociadas al establecimiento y mantenimiento de las mismas. Desafortunadamente, existe poca información científico-técnica para responder a este interrogante*

### 7.4.3. El control químico

La utilización de insecticidas químicos en olivicultura ha tenido una repercusión importantísima en la mejora de las producciones y de su calidad, pues al reducir la incidencia de los insectos y ácaros fitófagos, ha contribuido a mantener o incluso mejorar la producción, y a limitar la mano de obra necesaria para la misma. Sin embargo, la mayoría de los insecticidas son productos químicos que pueden entrañar riesgos importantes entre los que destacan la toxicidad aguda y crónica en humanos, animales domésticos y vida salvaje, problemas de fitotoxicidad, desarrollo de plagas por especies que antes no constituían amenaza, desarrollo de resistencia a estos productos de los insectos que originan plagas, persistencia en el suelo y agua, y su capacidad de transporte y contaminación medioambiental, etc., por lo que en la actualidad se trata de remplazarlos por productos naturales de índole muy diversa.

En olivicultura, es particularmente importante salvaguardar la entomofauna auxiliar, que regula de forma natural las poblaciones de muchas especies de fitófagos y colaboran en la limitación de las de las principales plagas del cultivo, lo que ha motivado los estudios de la incidencia de los tratamientos químicos sobre la misma en olivares de Andalucía (20, 21). No obstante, la susceptibilidad de los insectos y ácaros auxiliares a los insecticidas depende de numerosos factores relacionados tanto con el producto como con el propio auxiliar o su presa (22), por lo que es necesario profundizar en estos aspectos, para utilizar de la forma más adecuada posible los insecticidas en olivar. Por el momento, para atenuar el riesgo de toxicidad para la entomofauna auxiliar algunos productos tienen limitaciones de uso respecto al momento y número de aplicaciones (8).

#### 7.4.3.1. Insecticidas químicos de síntesis

El número de materias activas insecticidas disponibles para el control de las principales plagas del olivar se ha visto minorado de un modo continuo en los últimos años, de hecho, varias de ellas están inmersas en una fase importante de desaparición definitiva del mercado consecuencia de:

- Exclusión del Anexo I de la Directiva 91/414, con decisión comunitaria publicada, cuyos productos tienen fecha límite de utilización (diciembre de 2008)
- Exclusión con retirada voluntaria del proceso de evaluación
- Sustancias activas cuyo uso no está permitido (sus productos fitosanitarios están eliminados).

El proceso es dinámico, e incluso en el REPIOA se indica específicamente la necesidad de una vigilancia continua de los Reglamentos (CEE) de la Comisión que establecen las distintas fases del programa de trabajo, contempladas en el apartado 2 del artículo 8 de la Directiva 91/414/CEE, en especial lo que acontezca con la posible inclusión o no inclusión de estas sustancias en su Anexo I. En cualquier caso, la llegada de 2009 nos ha situado en un escenario casi "inquietante", según se desprende de la reunión del Grupo de Trabajo Fitosanitario de olivar celebrada en Valderrobres (Teruel) en abril de 2008, donde la disponibilidad de materias activas para algunos fitófagos se reducirá al mínimo, dos, una, e incluso ninguna (Tabla 1).

**Tabla 1. Listado de materias activas químicas autorizadas para el Control de Plagas en olivar desde el 1 de enero de 2009**

Especie	Sustancias activas
Polilla del olivo ( <i>Prays oleae</i> ) <sup>1</sup>	<b>Generación Antófaga</b> Alfa-Cipermetrin Betaciflutrin Cipermetrin Clorpirifos + Dimetoato Deltametrin Dimetoato Etofenprox Fosmet Lambda Cihalotrin Metil clorpirifos Metil pirimifos Zeta Cipermetrin <b>Generación Filófaga</b> Lambda Cihalotrin Zeta Cipermetrin <b>Generación Antófaga</b> Dimetotato
Abichado ( <i>Euzophera pingüis</i> )	Clorpirifos Fosmet
Glifodes / Polilla del jazmín ( <i>Margaronia unionalis</i> )	Deltametrina Dimetotato Fosmet
Zeuzera ( <i>Zeuzera pyrina</i> )	Ninguna

Especie	Sustancias activas
Mosca del olivo ( <i>Bractocera oleae</i> )	Dimetoato (Tratar en pulverización-cebo) Fosmet Piretrina natural + Rotenona Imidacloprid Spinosad
Cochinilla de la Tizne ( <i>Saissetia oleae</i> )	Aceite de verano Aceite parafínico Fenoxicarb Fosmet Piriproxifen
<i>Serpeta</i> ( <i>Lepidosaphes ulmi</i> )	Aceite de verano Fosmet
Parlatoria o Cochinilla violeta ( <i>Parlatoria oleae</i> )	Aceite de verano Fosmet
Piojo blanco ( <i>Aspidiotus nerii</i> )	Fosmet
Algodoncillo ( <i>Euphyllura olivina</i> )	Ninguna
Barrenillo del olivo ( <i>Phloeotribus scarabaeoides</i> )	Dimetoato
Otiorrinco / Escarabajuelo picudo ( <i>Othiorynchus cribricollis</i> )	Ninguna
Gusanos blancos ( <i>Melolontha papposa</i> , <i>Ceramida cobosi</i> ) <sup>2</sup>	Metam sodio Metam potasio Metiocarb
Arañuelo ( <i>Liothrips oleae</i> )	Dimetoato Fosmet Metil pirimifos
Acariosis ( <i>Aceria oleae</i> )	Azufre

<sup>1</sup> Restricciones piretroides: no utilizar a menos de 20 metros de corrientes o láminas de agua, no más de un tratamiento al año, no utilizar en épocas ni en zonas de actividad de abejas, mantener zonas refugio para fauna auxiliar, tales como setos, lindes, riberas o zonas de cultivo sin tratar.

<sup>2</sup> Los tratamientos químicos de suelo es una medida prohibida en el Reglamento Específico de Producción Integrada en Olivar

Ante esta situación, cabe plantearse varias cuestiones: (a) ¿No resulta arriesgado reducir al mínimo el listado de materias activas autorizadas sin aportar alternativas viables? (b) ¿Pueden existir “vacíos” para el control de algunos fitófagos? (c) ¿Supone la limitación de materias activas un riesgo para el correcto manejo de la aparición de resistencia a las mismas?

De acuerdo con el Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo sobre Producción Ecológica, no se autoriza el empleo de ningún insecticida químico de síntesis, con la excepción del los piretroides deltametrina o lambdacihalotrina, cuyo uso se autoriza sólo en trampas o dispersores, para el control por ejemplo de la mosca del olivo (7).

#### 7.4.3.2. Sustancias insecticidas de origen natural producidas por plantas y microorganismos

La presencia en las plantas de sustancias químicas con significación biológica sobre las diferentes formas de vida se conoce desde muy antiguo así como el empleo fitosanitario de algunas de ellas. Estos compuestos, al principio, simplemente se extraían de la fuente y se utilizaban como una mezcla impura de productos químicos, uno o varios de los cuales daban la respuesta insecticida necesaria. La ciencia de los productos naturales ha avanzado considerablemente en los últimos tiempos, y estos compuestos se utilizan como materias activas por sí mismas, como esqueletos de los nuevos productos químicos que pueden ser modificados por síntesis, o incluso como indicadores de nuevos y eficaces modos de acción bioquímicos. **Las plantas y los microorganismos** se consideran en la actualidad como las mejores **fuentes de nuevas moléculas insecticidas de origen natural** (23).

El empleo de **moléculas insecticidas procedentes de plantas** suscita un gran interés en olivicultura ecológica dada su corta persistencia, y supuestamente, su baja toxicidad para el hombre. Así, el Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo sobre Producción Ecológica promulga para el Control de Plagas el empleo de azadiractina, extraída del árbol del Neem *Azadirachta indica* A. Juss, aceites vegetales (menta, pino, alcaravea etc), piretrinas naturales extraídas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trev.) Bocc, rotenona extraída de *Derris* spp, *Lonchocarpus* spp y *Terphrosia* spp y preparados a base de *Quassia amara* L. Varios Grupos de Investigación de Grecia y España continúan explorando el potencial de extractos vegetales para el control de la mosca del olivo, los provenientes de la solanácea *Cestrum parqui* L. (24) y frutos de *Citrus aurantium* L. (25) ofrecen resultados prometedores.

Por otra parte, la investigación con **moléculas insecticidas obtenidas de microorganismos** para el control de plagas de insectos, está siendo la punta de avance de los nuevos hallazgos en este campo. A este respecto, el espinosad, producido en fermentación por el actinomiceto *Sacharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, ha sido autorizado recientemente en Agricultura Ecológica de acuerdo con el Reglamento (CE) N° 404/2008 de la Comisión de 6 de mayo de 2008 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CEE) 2092/91 del Consejo, sobre la producción agrícola ecológica, y que en el caso del olivo, proporciona una gran alternativa para el control de *B. oleae* (26, 27). Además, en la actualidad, se ha constatado el potencial de las moléculas secretadas por Hongos Entomopatógenos en fermentación para el control de la mosca del olivo (28, 29, 30).

Finalmente, se incluye en este apartado el empleo del caolín para la protección de la aceituna frente al ataque de la mosca del olivo, que en realidad constituye una práctica cultural o incluso mecánica, cuyo principio es hacer menos atractivo el fruto para las hembras del díptero. La utilidad del caolín para este objetivo en agricultura ecológica ha sido comprobada en zonas del interior de Cataluña (31, 32), aunque deberían hacerse más estudios sobre su eficacia en zonas de mayor incidencia del tefrítido así como determinar sus posibles efec-

tos sobre la vegetación, las aceitunas y la calidad del aceite. Por otra parte, se ha determinado en laboratorio que las partículas de colín adheridas al depredador *Chrysoperla carnea* (Stephens) afectan a su movilidad (33).

#### **7.4.3.3. Manipulación sostenible de insecticidas**

El Reglamento Específico de Producción Integrada en olivar establece una serie de medidas obligatorias y recomendaciones: para el personal implicado en la aplicación estar en posesión del carné de aplicador del nivel mínimo que le capacita para desarrollar su actividad, pues en este curso formativo se dan las normas básicas de actuación, tanto para el uso de los productos como para su almacenamiento, así como información de utilidad sobre señalización de seguridad, etc.; para la maquinaria de aplicación la continua vigilancia de su perfecto funcionamiento, de lo que depende la correcta distribución del producto, la disminución del riesgo de deriva, y la reducción del impacto del mismo sobre organismos no diana. Por eso, el reglamento establece que *la maquinaria utilizada en la aplicación de productos fitosanitarios, fertilización, abonados foliares, etc., debe encontrarse en adecuado estado de funcionamiento y someterse a revisión y calibrado periódico*, la que será *efectuado todos los años por el productor, supervisada por el Servicio Técnico competente, y además una vez cada 4 años en un centro oficial o reconocido de conformidad con las disposiciones vigentes en la materia, si las hubiera*.

#### **7.4.4. Medidas de control de plagas basadas en la manipulación del comportamiento de los insectos**

##### **7.4.4.1. Manipulación de la comunicación entre individuos de la misma especie**

La comunicación entre los individuos de una especie de insectos, se realiza en general por medio de señales químicas (semioquímicos) o **ecomonas** (34) denominadas **feromonas** (del griego, féro = llevar; trasportar y, ormáo = excitar; dirigir contra), término que fue introducido en 1959 por Karlson y Luscher (35), por tanto, se trata de sustancias químicas, que emitidas por uno de ellos, inducen respuestas, precisas y repetidas, en otro u otros.

Las diversas feromonas producidas por los insectos se denominan en base al comportamiento que inducen en el individuo que las recibe: Sexuales, de agregación, de alarma, de marcado de pistas, de regulación de castas, etc. (36, 37). Las más estudiadas son las **feromonas sexuales**, utilizadas por los insectos para facilitar el encuentro sexual. En general, son emitidas por las hembras para atraer a los machos, aunque existen notables excepciones como es el caso de los dípteros tefrítidos, donde se encuadra la mosca del olivo, cuya feromona sexual, 1,7-dioxaspiro-[5,5]-undecane (38), la producen los machos para atraer a las hembras. Normalmente las feromonas están compuestas de una mezcla de elementos químicos, uno de los cuales está dotado de una actividad biológica mayor, pero cada componente (a veces isómeros) desempeña su función; unos pueden inhibir el reclamo para otras especies, asegurando la especificidad de la mezcla, y otros pueden inducir el cortejo y la copulación (36). Las feromonas en general, y las feromonas sexuales en particular pueden ser manipuladas, y por tanto, también el comportamiento de los individuos (39), lo que nos ofrece una gran

oportunidad para el control de insectos fitófagos en olivar. **De hecho, en olivar, las feromonas sexuales han encontrado un considerable número de aplicaciones prácticas, por un lado para el seguimiento y estimación de poblaciones, y del otro para su control, con técnicas como la captura masal, la confusión sexual y la atracción y muerte.**

**La captura espía o monitorización** (seguimiento de poblaciones) persigue detectar la presencia de individuos de una especie, y si ésta se confirma, su actividad de vuelo. En un principio esta técnica se limitaba al empleo de sustancias atrayentes de alimentación, pero la identificación y síntesis de feromonas ha posibilitado un mayor desarrollo de la misma, puesto que permite la captura exclusiva y precoz de la especie que interesa seguir. **Esta técnica resulta sin duda trascendental para el desarrollo de un programa de control integrado, puesto que permite relacionar nivel de capturas con nivel de daños del fitófago, cimientos de la toma de decisiones.** Ejemplos de plagas del olivar donde se ha logrado un gran desarrollo con resultados satisfactorios son los lepidópteros *P. oleae* y *E. pinguis*, y el díptero *B. oleae*.

**La captura masal o trapeo masivo** pretende, mediante el emplazamiento de un número suficientemente elevado de trampas, la eliminación por confinamiento de la mayor cantidad posible de adultos. Tanto en el REPIOA como en el Reglamento de Producción Ecológica, el trapeo masivo se encuentra entre las medidas de control de *B. oleae*, si bien hay variaciones respecto al tipo de trampas (plástico, madera y tela) y de atrayentes (feromona, bicarbonato de amonio, proteína hidrolizada) (14). Un sistema bastante extendido en olivicultura ecológica es el empleo de trampas tipo OLIFE cebadas con fosfato amónico, al que se le puede agregar feromona sexual u otros atrayentes para mejorar su eficacia. En Grecia, se está utilizando un sistema con proteína hidrolizada, Elkofon-Entomela con buenos resultados. En los últimos años se vienen realizando diferentes estudios encaminados a incrementar la eficacia y selectividad del sistema, tanto en lo que respecta a la estructura de la trampa, al número de ellas, así como el tipo de atrayente (40, 41, 42). La viabilidad de esta técnica viene condicionada por varios factores: (a) la falta de atracción de las hembras por el atrayente utilizado; (b) la ausencia de trampas altamente eficaces; (c) la saturación de las trampas cuando las densidades de población son muy elevadas; (d) la eliminación de enemigos naturales que acudan a las mismas trampas; (e) la necesidad de un número muy elevado de trampas por hectárea que encarece la técnica.

Para superar en parte estos inconvenientes apareció la técnica de la **atracción y muerte** (Lure and Kill), una aplicación de la captura masal, donde los insectos atraídos por la feromona, son eliminados mediante un insecticida mezclado con la misma. En el caso de la mosca del olivo, esta técnica puede emplearse bien por medio de dispositivos artificiales, bien por aplicación de la mezcla sobre la superficie natural, el follaje del olivo o pulverización cebo. En los últimos años se están utilizando distintos métodos con trampas que combinan dos tipos de atrayentes (feromona sexual de síntesis o un atrayente alimentario, o bicarbonato amónico) con un insecticida (piretrina). Por otro lado la aplicación por pulverización de la mezcla feromona sexual e insecticida (en general dimetoato), supone una alternativa a los tratamientos adulticidas que resultan poco selectivos porque al utilizar proteína hidrolizada, eliminan numerosos depredadores y parasitoides (8). La eficacia de esta técnica requiere su aplicación en zonas bien delimitadas integrando diversas explotaciones de agricultores y

adecuadamente coordinados (43). Además, siempre que sea conveniente, este tipo de lucha debe de ir integrada con otras medidas de control como cultural, biológico, capturas en masa o químico. En el caso del barrenillo del olivo, se ha determinado su atracción hacia leñas de poda tratadas con Ethrel®, que induce una mayor síntesis de etileno en el tejido vegetal, lo que ha permitido mejorar el sistema de arbolés trampa (44, 45). Para ello, los insecticidas permitidos en el REPIO son productos organofosforados, aunque también se ha constatado la gran eficacia de insecticidas piretroides para llevar a cabo esta estrategia (46).

Otra aplicación de las feromonas sexuales al control de plagas de insectos es la técnica de **confusión sexual**, que consiste en mantener un nivel constante y alto de feromona en el ambiente, que produce una estimulación continua del sexo receptor, en general el macho, el cual se desorienta y es incapaz de encontrar a las hembras. Hasta la fecha, no existe ninguna aplicación práctica de esta técnica en olivar, si bien presenta un gran potencial para el control de los lepidópteros *P. oleae* y *E. pinguis* (47, 48, 49).

En general, el empleo de feromonas es cada vez mayor ya que presentan una serie de ventajas frente a los insecticidas (50), son muy selectivas, no dejan residuos, no aparece resistencia a las mismas, posiblemente debido a las bajas concentraciones empleadas y a que como se ha citado, son una “mezcla” de distintos componentes, tienen un efecto mínimo en la fauna útil, no contaminan acuíferos etc, y finalmente, su manipulación no es peligrosa. No obstante, entre sus desventajas cabe destacar que no siempre funcionan para todas las especies, un inconveniente de su selectividad (50). Además, su empleo no proporciona buenos resultados para poblaciones de alta densidad, y finalmente, son más caras que los insecticidas.

#### **7.4.4.2. Manipulación de la reproducción.**

La reducción o anulación de la fertilidad o viabilidad de los huevos puestos por las hembras de una especie nociva de insectos repercuten de un modo directo en la disminución de la densidad de población así como en la comisión de daños. La idea irrumpe en la primera mitad del siglo pasado, su materialización se hizo por la novedosa **técnica de machos estériles** los cuales producidos en laboratorio se soltaban en campo para copular con las hembras salvajes (51), de modo que al disminuir los cruzamientos fértiles se produce una menor descendencia en la siguiente generación (52), **control autocida**. La fundamentación teórica parte del modelo diseñado por Knippling en 1955, cuando se pasó a la realización práctica para erradicar la mosca del ganado *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) en la isla de Curaçao, tuvo un éxito rotundo (53). La idea de Knippling partió de su observación de que las hembras de esta mosca presentaban comportamiento monógamo, además los machos esterilizados mantenían su agresividad sexual, y que al liberarlos, podrían incluso competir mejor en el cortejo y cópula que los machos normales de la población. La esterilización de los machos se realiza por radiación con bomba de Cobalto, en el núcleo celular del gameto masculino se provoca una **mutación letal dominante** de modo que al unirse con el núcleo del gameto femenino el cigoto resultante muere inmediatamente (54).

La esterilización del macho no presupone por tanto la aspermia ni la inactivación del espermia, este manifiesta las características normales de movilidad, de este modo cuando llega

a la espermateca de la hembra estimula la inhibición de receptividad de ésta que no volverá a copular con ningún otro macho.

Sin embargo, con posterioridad la técnica no ha sufrido una gran evolución dado que la producción de grandes masas de machos estériles de gran calidad para competir con los machos normales de la población, tiene un coste muy elevado (39), y en muchos casos, no existen métodos adecuados para la cría masiva del insecto de interés. **Esta fue precisamente la causa de los escasos resultados obtenidos en los años 70 en Grecia para el control de la mosca del olivo *B. oleae* (55).**

Hasta la fecha, las aproximaciones clásicas del control autocida como la esterilidad inducida por mutagénesis, los híbridos estériles, la letalidad condicional, las translocaciones cromosómicas e incompatibilidad citoplásmica (56), no han proporcionado los resultados esperados. No obstante, el empleo de transposones, de cepas de *Wolbachia* modificadas, junto con la mejora de la letalidad condicional y de las técnicas de letalidad hembra específica, parecen abrir una nueva oportunidad para el control autocida (56).

Ahora se intenta desarrollar una nueva técnica, la autoesterilización, mediante el empleo de dispositivos cebados con insecticidas inhibidores de la síntesis de la quitina como el lufenuron, para el control de tefrítidos (57).

#### 7.4.5. Medidas de control de plagas basadas en la manipulación de la relación insecto-planta

Los individuos de especies distintas pueden comunicarse entre ellos por medio de ecomonas, las que emiten las plantas forman parte del complejo de **substancias aleloquímicas** provenientes de su metabolismo secundario (58), orientan a los insectos fitófagos en la búsqueda y aceptación del alimento, y pueden ser manipuladas para evitar que su acción adquiera el carácter de plaga.

Un caso particular de substancias aleloquímicas son las alomonas que favorecen al individuo emisor, y en el caso particular de las relaciones insecto - planta, son producidas por éstas para defenderse del ataque de aquéllos. En olivar, se ha constatado la gran importancia del etileno en el mecanismo de defensa del olivo, y en particular en la mayor o menor aproximación y aceptación del fruto por las hembras de *P. oleae* para realizar la puesta, por lo que en la actualidad se confiere gran potencial a la modificación del comportamiento de puesta de este lepidóptero, para reducir sus daños, mediante **aportaciones externas de etileno** con difusores (59).

Los aleloquímicos también están implicados de forma más o menos directa en la mayor o menor susceptibilidad de las plantas al ataque de insectos. De hecho, **las plantas con resistencia** constitutiva al ataque de insectos poseen propiedades genéticamente heredadas que provocan que los individuos de un determinado cultivar sean menos dañados que los de otro susceptible, que carece de estas propiedades (60). Por tanto, la resistencia es una propiedad relativa, basada en la comparación de la reacción al ataque del fitófago, de plantas resistentes y susceptibles, bajo las mismas condiciones de cultivo.



*Desafortunadamente, el conocimiento de la susceptibilidad de las distintas variedades de olivo a las principales plagas del cultivo, *B. oleae* y *P. oleae*, es muy limitado, información sobre la diversidad genética del cultivo de gran relevancia para los programas de mejora genética del olivo que se llevan a cabo en la actualidad.*

Existe una idea general, quizá producto principalmente de observaciones empíricas, de que las aceitunas de mayor tamaño y contenido de agua (aceituna de mesa) son más susceptibles al ataque de la mosca del olivo que las que tienen drupas más pequeñas y con menor contenido de humedad (61). No obstante, otros aspectos pueden ser determinantes como el momento del ataque, el estado de maduración relativo etc. Así, se ha observado que variedades que florecen más temprano y cuya drupa es de mayor tamaño, cuando son plantadas en un olivar con variedades de floración tardía y menor tamaño de drupa, son preferentemente atacadas por la mosca del olivo (62). También se conoce el efecto del contenido en **oleuropeína** de la aceituna en su susceptibilidad al ataque de la mosca del olivo, pues aceitunas con mayor contenido en este éster de ácido elenólico e hidroxitirosol presentan una menor susceptibilidad al ataque del tefrítido (63). Incluso se ha revelado como la atracción de los frutos a la mosca del olivo es debida más a características químicas del mismo, en especial las ceras alifáticas presentes en su superficie (64).

Aunque resulte sorprendente, es necesario realizar un intenso esfuerzo investigador para dilucidar la susceptibilidad relativa de las variedades españolas de aceituna al ataque de la mosca del olivo y también de la polilla *P. oleae*. Sólo así, este aspecto podría tenerse en cuenta a la hora de elegir las variedades más resistentes a los problemas dominantes en cada zona (14).

#### **7.4.6. Medidas de control de plagas basadas en la relación entre los fitófagos y sus enemigos naturales: el control biológico de plagas del olivo.**

*Una de las relaciones más interesantes desde el punto de vista del control de insectos fitófagos es la que se produce entre estos y sus enemigos naturales entomófagos y entomopatógenos, que ha sido explotada por el hombre para el desarrollo de lo que hoy denominamos **Control Biológico**, recomendado como medida prioritaria tanto en Producción Integrada como en la Ecológica*

El ilustre especialista H. S. Smith definió en 1919 el control biológico **como el control o regulación de las poblaciones de las plagas de insectos por enemigos naturales** (65). Para H. S. Smith el enemigo natural era cualquier organismo biológico que ejercía control, lo que incluía depredadores, parasitoides y entomopatógenos, mientras que para otros, el control biológico en sentido estricto no incluye los patógenos (65). Para plasmar esta diferencia, es adecuado referirnos al **Control Macrobiano** de plagas, cuando se utilizan entomófagos, esto es depredadores y parasitoides, y **Control Microbiano** de plagas, cuando se lleva por medio de microorganismos entomopatógenos.

Resulta de especial trascendencia aclarar que el **control biológico** es la explotación **deliberada** por el hombre **de los enemigos naturales** para el control de fitófagos, lo que difiere

del **control natural**, que se produce sin la participación del hombre y que también regula las poblaciones de insectos como consecuencia de la acción de factores bióticos (parasitoides, depredadores y patógenos) y abióticos (clima etc).

Existen distintas estrategias de control biológico (66, 67) que pasamos a describir así como su posible desarrollo práctico en olivar. **El control biológico por conservación** consiste en mejorar o proteger el medio para favorecer la acción de los enemigos naturales (mediante el empleo de técnicas de control de plagas que preserven su acción, hospedantes alternativos, refugios etc.), y evitar el empleo de las que la perjudiquen (ciertos insecticidas o técnicas de cultivo etc.). La idea de permitir el crecimiento y floración de ciertas plantas cerca del olivar como reservorio de enemigos naturales de la mosca del olivo ya fue apuntada por Ruiz-Castro en 1951 (68). El conocimiento actual de la incidencia de la entomofauna auxiliar del olivar en las distintas plagas de insectos y ácaros del mismo sitúa el control biológico por conservación en un primer plano. Por ello, es muy importante que las técnicas de manejo del suelo promuevan en la medida de lo posible la actividad de los enemigos naturales de las plagas de olivo. Así, algunas plantas que pueden florecer entre los olivos podrían proporcionar néctar y polen a parasitoides y depredadores, además de cumplir una función como receptoras de presas y hospedantes alternativos de estos enemigos naturales en periodos de escasez del fitófago en cuestión. Finalmente, proporcionan refugio a estos enemigos naturales bajo condiciones extremas de temperatura y humedad (6). No en vano, se ha puesto de manifiesto la importancia de la diversificación en el olivar tanto natural como planificada (10), con especies como la compuesta *Inula viscosa* (L.), la apocinácea *Nerium oleander* L, o la poligonácea *Fagopyrum esculentum* Moench., etc. (6).

Las inflorescencias de muchas especies de umbelíferas sirven como alimento a larvas y adultos del neuróptero *Chrysoperla carnea* (St.), uno de los más importantes depredadores concurrentes en el olivar, cuya presencia en este cultivo podría estar favorecida por dichas plantas (6). Además, se ha observado que este neuróptero hace en muchos casos la puesta en la vegetación cercana a los olivos, cuya eliminación supone por tanto su destrucción (69). Es necesario profundizar en el papel de la vegetación adventicia como promotora del control biológico por conservación en olivar, sin descuidar la evaluación de su posible función como receptora de los propios estados de desarrollo de algún fitófago, en cuyo caso, esta estrategia podría estar limitada.

También es elemento clave de cara al control biológico por conservación el empleo de medidas de control de plagas selectivas que respeten en la medida de lo posible las poblaciones de enemigos naturales. El uso de insecticidas poco selectivos, utilizados con frecuencia y a destiempo puede tener un impacto terrible en las poblaciones de parásitos y depredadores, y dar origen a fenómenos poco deseados como el incremento de la población del fitófago tras la aplicación del insecticida o incluso el fenómeno de la emergencia de plagas (70). Sirva como ejemplo el incremento de las poblaciones de ácaros fitófagos que se observa en olivar después de determinados tratamientos con piretrinas naturales o sintéticas.

**El control biológico clásico**, supone la importación y suelta de un agente natural no indígena para su establecimiento en el medio y controlar la plaga de modo permanente. Gran exponente de esta estrategia en olivar en España han sido los trabajos de Jiménez (71) sobre

eficacia de sueltas del himenóptero braconídeo *Psytalia concolor*, (Szèpligeti) para el control de *B. oleae*. Aunque la supervivencia del braconídeo está condicionada a las temperaturas invernales (72), este parasitoide tiene un notable efecto reductor sobre las poblaciones de la mosca del olivo, lo que ha originado su inclusión en el REPIOA.

**La liberación inoculativa**, consiste en la suelta intencionada de enemigos naturales con el objeto de que se multipliquen y controlen el fitófago durante un periodo de tiempo determinado, pero no permanente. Se distinguen dos posibles estrategias: sueltas inoculativas a la espera de que la especie sobreviva permanentemente en el sistema y regule las poblaciones del fitófago cuando estas son bajas, o sueltas inoculativas para que la especie sobreviva y se reproduzca sólo por un número limitado de generaciones y evite que el fitófago sobrepase el nivel económico de daños. Para el olivar, se ha indicado que en los países europeos mediterráneos se habían realizado 63 introducciones dirigidas al control de *B. oleae*, *P. oleae* y *S. oleae*, incluyendo 35 especies de parasitoides y tres de depredadores (72). El grado de éxito fue bajo, pero en la actualidad, el nivel de conocimientos sobre los principales insectos que originan plagas en el olivar, en particular *B. oleae*, *P. oleae* y *S. oleae*, son lo suficientemente elevados como para intentar el desarrollo de una estrategia de control biológico en este cultivo.

Respecto a la mosca del olivo, un candidato sería el himenóptero eupélmido *Eupelmus urozonus* Dalman, pero su comportamiento como hiperparasitoide en olivares de Italia, cuestiona su interés (73). Las sueltas del braconídeo *Fopius arisanus* (Sonan) llevadas a cabo en Italia indican que podría ser un prometedor candidato para el control de *B. oleae* (74).

El control de los principales lepidópteros que atacan al olivo se podría mejorar mediante sueltas de especies de parasitoides himenópteros del género *Trichogramma* sp. A este respecto, es crucial estudiar su diversidad local en diferentes zonas olivareras con el objeto de obtener las cepas más adecuadas para cada una de ellas (75). Además, en el control natural de *P. oleae* en el olivar juegan un papel importante el depredador neuróptero *C. carnea* (76), si bien, su eficacia puede estar en ocasiones reñida con determinados aspectos económicos. Actualmente, las investigaciones van dirigidas hacia la determinación de las pautas de manejo que favorezcan el incremento de sus poblaciones en el cultivo. Otras especies de entomófagos incluidas en el REPIOA son *Chelonus elaeaphilus* Silvestri, *Ageniaspis fuscicollis* Dalm. var. *praysincola* Silv. (Hym., Encyrtidae), *Apanteles xanthostigmus* Hal. (Hym., Braconidae), etc.

En el caso de la cochinilla de la tizne *S. oleae*, no hay ninguna duda de que la lucha biológica es el método más idóneo de control, pero en esta especie como en ninguna otra, es necesaria una coordinación zonal e incluso comarcal. Distintas especies de himenópteros calcídidos del género *Metaphycus*, en particular *M. lounsburyi* y *M. helvolus*, se han revelado como importantes candidatos para el control de *S. oleae*, junto con distintos depredadores en California y Grecia (10, 77), aunque indican la necesidad de continuar los estudios al objeto de determinar la tasa óptima de suelta y mejorar la metodología. Sin embargo, en la parte oriental de España, *M. flavus* y *S. caerulea* son los principales parasitoides de *S. oleae* en el olivar y en cítricos, por lo que estos parasitoides deberían ser considerados a la hora de determinar los efectos secundarios de los pesticidas sobre los organismos beneficiosos, como un importante componente de las estrategias del manejo integrado de plagas (78).

**La liberación inundativa**, consiste en inundaciones periódicas con entomófagos o entomopatógenos para control inmediato de la población del fitófago de forma rápida, en el corto plazo. En olivar, los principales desarrollos prácticos en este sentido se han alcanzado mediante el empleo de **microorganismos entomopatógenos**, en especial la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner, cuya presencia natural en suelos de olivar de toda la Península Ibérica ya ha sido constatada (79). El interés de esta bacteria reside en el cristal, cuerpo parasporal o  $\delta$ -endotoxina de naturaleza proteínica, el acompañante perpetuo de la spora, en cuyas propiedades tóxicas reside su poder insecticida. La acción tóxica de las  $\delta$ -endotoxinas se desencadena en el mesenterón de los insectos susceptibles donde primero, por disolución, se desprenden péptidos atóxicos, protoxinas, que por acción proteolítica pasan a toxinas, las cuales, unidas a receptores de membrana específicos, inducen la formación de poros, que originan la lisis de las células columnares, causa de desarreglos bioquímicos y fisiológicos, con resultado final de muerte. A la vista de este modo de acción **las  $\delta$ -endotoxinas de *B. thuringiensis*** se encuadran dentro de los **insecticidas de ingestión** por lo que toda estrategia de empleo debe llevar como finalidad ponerlas en contacto con las células epiteliales del mesenterón. En los sistemas agrícolas, para que los insectos de hábitat epigeo y hábito alimenticio ectófito ingieran el principio tóxico de *B. thuringiensis* resulta adecuado el empleo de formulados de esta naturaleza, aplicados a la manera convencional, en pulverización o en forma de cebo (80).

El primer ensayo con un formulado de *B. thuringiensis* aplicado en un olivar de la llanura de Maratón (Grecia) puso de manifiesto su potencial para el control biológico de la generación antófaga de *P. oleae* (81) siempre que el tratamiento se realice al inicio de la floración, de manera oportuna, con 20-30 % de flores abiertas como mínimo, momento en el que las larvas comienzan a estar más expuestas. Los ensayos posteriores realizados en el mismo lugar, bajo estas premisas, corroboraron los resultados iniciales (82, 83) con una eficacia que alcanzaba valores de mortalidad de hasta el 90 %, bastante superior a la obtenida en condiciones del sur de España, 61% (Granada) (84). Todos estos trabajos, junto con los buenos resultados obtenidos por los servicios de Sanidad Vegetal de las principales zonas olivareras de Andalucía, han llevado a la recomendación del empleo de *B. thuringiensis* para el control de la generación antófaga de la especie. Si el tratamiento se retrasa unos días hasta que el porcentaje de flores abiertas es del 70-80%, se lograría una eficacia en términos de mortalidad del 60-70%, que se completaría con la ejercida por los insectos auxiliares sobre la población restante (9).

Los insectos auxiliares no son afectados directamente por la toxina del *B. thuringiensis*, no obstante se ha observado, en condiciones del sur de España, que la bacteria incrementa el porcentaje de mortalidad de los parasitoides *C. elaeaphilus*, *A. fuscicollis* y *A. xanthostigmus* en el interior de las larvas de *P. oleae* y además disminuye el tamaño de los parasitoides adultos que logran emerger (84). Por tanto, si se emplea algún formulado de *B. thuringiensis* en una estrategia de lucha integrada, debe tenerse en cuenta este posible efecto sobre algunos parasitoides de *P. oleae*. La aplicación de *B. thuringiensis* contra las otras dos generaciones de la especie resulta completamente inviable dado el carácter endófito de las larvas, y por tanto la imposibilidad de hacer llegar a ellas la bacteria (84).

También se ha intentado dilucidar en condiciones de laboratorio la posible actividad insecticida de *B. thuringiensis* frente a adultos de *B. oleae* (85, 86, 87), único estado del desarrollo

que podría ingerir la bacteria, aunque hasta la fecha no hay referencias sobre el empleo práctico de esta estrategia.

Otros microorganismos entomopatógenos que actúan por ingestión, protozoos y virus, no han sido explorados lo suficiente para incluirlos en programas de control microbiano de plagas de olivar, solo tenemos conocimiento de una poliedrosis en larvas de *P. oleae* (88) sin aclarar si se trata de poliedrosis nuclear (Baculoviridae) o citoplásmica (Reoviridae).

En contraposición con bacterias y virus, los **Hongos Entomopatógenos** actúan por contacto al infectar a sus insectos hospedantes a través del tegumento, por lo que además de constituir la única estrategia para el Control Biológico de insectos con aparato bucal picador chupador, como cochinillas y arañuelo, albergan un gran potencial para el control de tefrítidos en general y mosca del olivo en particular (89, 90), lo que se ha revelado en trabajos realizados en África (91, 92, 93, 94), Grecia (95), y España (96, 97).

***El modo sobresaliente de acción de lo Hongos Entomopatógenos permite utilizarlos para el control de la mosca del olivo con una estrategia doble, tratamientos de adultos y tratamientos de pupas en el suelo, a donde estas caen para invernar***

Los tratamientos de adultos se realizarían por medio de pulverización total o pulverización cebo, o incluso mediante la técnica de **atracción e infección** (lure and infect), que consiste en atraer a los adultos de la mosca hacia un dispositivo donde entran en contacto con el hongo. El objetivo de atracción-infección no es matar al insecto rápidamente sino utilizarlo como portador de inóculo para infestar a individuos libres de él de modo que su transmisión horizontal contribuya a la autodiseminación por la población del fitófago (98). Esta estrategia ofrece varias ventajas porque al reducir la superficie donde se aplica el inóculo, minimiza su posible efecto sobre la fauna útil. Además, su acción sobre la población del tefrítido va más allá del debido al contacto inicial por el efecto de diseminación del inóculo en la población del mismo.

El microbiota de los suelos de olivar de Andalucía, con independencia del sistema de manejo del cultivo, contiene Hongos Entomopatógenos, la especie más abundante, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill., está presente en el 70% de las muestras de suelo, seguida de *Metarhizium anisopliae* (Metc.) Sorok., en el 30% de las mismas, aunque las propiedades físicas del suelo pueden incidir en la frecuencia de aislamiento y en el tipo de especie predominante (99). Algunos de los aislados fúngicos obtenidos presentan un gran potencial para el control de la mosca del olivo, tanto dirigidos a los adultos, como a las pupas en el suelo (Figura 4), en la proyección de la copa del árbol sobre el mismo (aspecto que se ajusta con precisión a la recomendación del REPIOA de reducir el área tratada a focos o rodales en los casos en que el estado de desarrollo del fitófago se encuentre localizado).



Figura 4. Aplicación de un microinsecticida al suelo, en la base del árbol, para el control de pupas de *Bactrocera oleae* (Gmelin). (a) Aspecto del microinsecticida; (b) Pulverización del suelo con el microinsecticida.

Estos aislados, posiblemente debido a su carácter autóctono, presentan requisitos térmicos y de humedad muy adaptados a las condiciones del olivar en Andalucía, tanto para aplicaciones aéreas como edáficas. Además, tras más de dos años de seguimiento en campo, se ha comprobado que los tratamientos de suelo con un aislado de *M. anisopliae* para el control de pupas de la mosca del olivo (Figura 4) no originan ningún efecto negativo en la artropodofauna del olivar (100). Además, en este experimento, se están evaluando los posibles efectos de los tratamientos fúngicos del suelo sobre la fauna auxiliar del olivar. Mediante la colocación de trampas de caída o pitfall en la parcela de experimentación y la posterior determinación en laboratorio de la posible infección de los individuos capturados, no se observaron signos de la misma en ninguno de ellos, pertenecientes a los 16 órdenes de insectos representativos de la artropodofauna del olivar, con énfasis en las hormigas, para las que un estudio a nivel de género, nos confirmó esta ausencia de efecto (100). Pero, dada la gran importancia de las hormigas como bioindicadores, se evaluaron dos interesantes aislados fúngicos, EABb 01/103-Su de *B. bassiana* y EAMa 01/58-Su de *M. anisopliae* frente a *Tapi-noma nigerrimum* (Nylander), una de las principales especies que anidan en el olivar. Se observó que los valores de mortalidad de las hormigas establecidas en hormigueros con tierra tratada no difirieron significativamente respecto de los del testigo; además se estudió la actividad comportamental de esta especie antes y después del tratamiento, no hallándose diferencias significativas entre ambos grupos, lo que refleja el impacto mínimo de estos agentes de control sobre los elementos fundamentales de la fauna auxiliar de olivar (100).

En la actualidad, se ha comprobado que la especie fúngica *B. bassiana*, en la Península Ibérica, está presente de forma natural en las poblaciones de los lepidópteros *P. oleae* y *E. pinguis*, lo que hace necesario futuros estudios para evaluar el posible empleo de este hongo para su control (Quesada-Moraga *et al.* datos no publicados).

#### 7.4.7. El Control Integrado de Plagas en olivar como instrumento de la Agricultura Sostenible

Una vez descritas todas las posibles medidas de control de plagas que se pueden adoptar en olivar, se está en disposición de comprender el concepto de control integrado y de profundizar en el mismo. El concepto de Control Integrado de Plagas ha influido quizá como ningún otro sobre la evolución de la Protección de Cultivos en las cuatro últimas décadas. La primera referencia a “manejo” en el contexto de las plagas de insectos se atribuye a los entomólogos australianos P.W. Geier y L.R. Clark en 1961 (101). Aun con el antecedente del best seller épico medio-ambiental “La Primavera Silenciosa” (102), estos autores proporcionan argumentos para un cambio en la estrategia de control de plagas en interés de la sostenibilidad y calidad ambiental. El énfasis de su trabajo, con base en la realidad ecológica y económica asociada al control de plagas, se produce más en cómo deben de usarse las estrategias de control de plagas que en las estrategias en si mismas. Los autores denominan a su concepto *Manejo de Plagas*. A lo largo de las siguientes décadas, el manejo de plagas se adoptó en entomología y en el campo del control de plagas en general. Eventualmente el concepto recibió el nombre de *Manejo Integrado de Plagas* dado su naturaleza multidisciplinar y su referencia al empleo de varias estrategias.

Pero la gran importancia actual de este concepto esta asociada a la base teórica del *Control Integrado*, tecnología iniciada a finales de los años 40, con gran expansión en los 50, cuya conceptualización emana de los trabajos de Stern (103). Una premisa fundamental del control integrado es conservar en la medida de lo posible los enemigos naturales y su acción frente a las plagas de insectos y ácaros. Al tener la mayoría de los programas de control de plagas base en el empleo de algún insecticida químico, y dado su efecto adverso sobre la fauna útil, surge progresivamente la necesidad de limitar el empleo de estas materias activas, **e irrumpe con gran impacto teórico práctico la idea de tolerar determinados niveles de población del fitófago**, con la premisa de que no todos los insectos fitófagos causan plagas, y que cuando ocurre, no lo hacen necesariamente en todo momento y en todos los lugares donde se extiende el cultivo. Además, cuando una especie llega a causar daños, no toda su población debe ser eliminada para alcanzar un adecuado nivel de control.

**Como consecuencia, surge la necesidad de evaluar el estatus del fitófago como base para el empleo racional de insecticidas, con la aparición de los conceptos de Daño Económico, Nivel Económico de Daños y Umbral de Tolerancia como cimiento del Control Integrado de Plagas (104)**

Tal importancia reviste este concepto que en lo sucesivo emanan **distintas definiciones** de organizaciones tan importantes como la **FAO** (1967) *sistema de regulación de las poblaciones de los diferentes agentes nocivos que, teniendo en cuenta su medio ambiente particular y la dinámica de las poblaciones de las especies consideradas, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de forma compatible, a fin de mantener las poblaciones de estos agentes nocivos en unos niveles que no causen daños económicos*, la propia Organización Internacional de la Lucha Biológica e Integrada **IOBC** (1977) *procedimiento de lucha contra los organismos*

*nocivos que utiliza un conjunto de métodos que satisfagan a la vez las exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas, dando prioridad a la utilización de factores y elementos naturales de limitación, respetando los umbrales de tolerancia, definición a la que se acoge la Unión Europea, aunque en la Directiva (CEE) del Consejo, de 15 de julio de 1991 (91/414/CEE), la define como la aplicación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, de cultivo o selección de vegetales de modo que la utilización de productos fitosanitarios químicos se limite al mínimo necesario para mantener la población plaga en niveles inferiores a los que producirían daños o pérdidas inaceptables desde el punto de vista económico, y finalmente de acuerdo con el artículo 2 del Real Decreto 1201/2002, de 20 de noviembre, por el que se regula la producción integrada de productos agrícolas, así como el artículo 2 del Decreto 245/2003, de 2 de septiembre, por el que se regula la producción integrada y su indicación en productos agrarios y sus transformados, modificado por el Decreto 7/2008, de 15 de enero, la producción integrada es el sistema agrícola de producción que utiliza los mecanismos de regulación naturales, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente, la economía de las explotaciones y las exigencias sociales de acuerdo con los requisitos que se establezcan para cada cultivo en el correspondiente reglamento de producción.*

En definitiva, el Control Integrado de Plagas se sostiene sobre los siguientes pilares:

- Todos los métodos de control de plagas, y en especial los insecticidas químicos, tienen un efecto sobre otros componentes del agroecosistema diferentes al fitófago, en especial la fauna auxiliar y fauna útil, por lo que es necesario limitar su uso y adoptar prioritariamente otras medidas más respetuosas con el medio
- Un tratamiento adecuado no tiene por qué eliminar toda la población del fitófago sino mantenerla por debajo de los umbrales establecidos. La traducción del daño que causan los fitófagos sobre el cultivo en pérdidas económicas no siempre ocurre de igual manera (Figura 5). Así, cuando el ataque se produce directamente sobre la aceituna, afectando no sólo su cantidad sino también su calidad, su traducción en pérdidas económicas es inmediata (Figura 5, tipo 1), mientras que cuando el ataque se produce sobre otros órganos de la planta, puede admitirse un cierto nivel de daño antes de aplicar medidas de control (Figura 5, tipo 2).

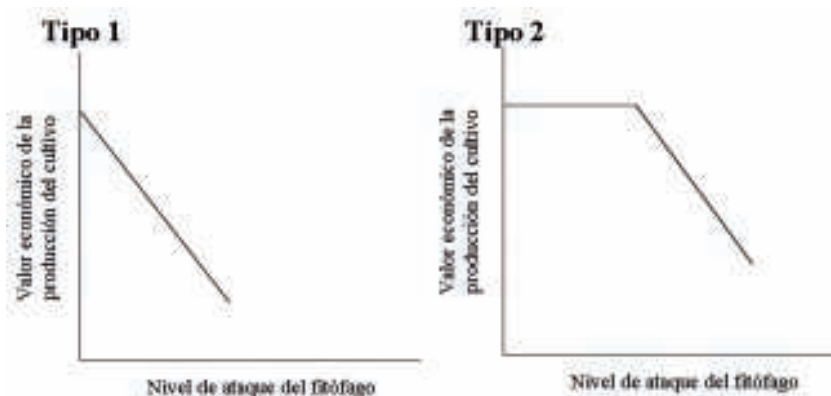


Figura 5. Las dos formas básicas de relación entre el daño causado por las plagas de insectos y ácaros y las pérdidas económicas asociadas al mismo.



- Sólo se justifica la aplicación de medidas de control cuando el nivel de fitófago sobrepasa estos umbrales
- El método de control adoptado debe satisfacer en la medida de lo posible las variables económica, ambiental y social que caracterizan la actividad agrícola (Figura 6).



Figura 6. Aspectos económicos, sociales y ambientales que convergen en el control de plagas en olivar.

En la práctica, **el desarrollo de un programa de Control Integrado de Plagas nos obliga a:**

- Reconocer los organismos que ocasionan plagas, enfermedades, o compiten con la planta por nutrientes y agua, malas hierbas, de sus distintos estados de desarrollo, y de los daños que estos originan
- Una vigilancia periódica de los cultivos, que permita estimar las poblaciones de fitófagos perjudiciales, la acción de los factores ambientales sobre ellas, y la importancia de la acción ejercida por los enemigos naturales con objeto de evaluar los daños que pueden originarse
- Una selección de las técnicas de control más apropiadas que eviten los daños cuando sea necesario
- Una evaluación de la eficacia de los tratamientos, con objeto de aprender de las nuevas situaciones que pueden darse y tomar decisiones de si son necesarias otras medidas de control complementarias

En la actualidad, en los sistemas agrícolas más evolucionados, existe una tendencia generalizada a la adopción de este tipo de programas de Control de Plagas cuyo cimiento es la obtención de umbrales de tratamiento para la toma de decisiones (105, 106). **El Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar en Andalucía trata de dar respuesta** para cada fitófago a las **dos preguntas fundamentales** a las que nos conduce el Control Integrado: **(a) ¿Cuáles son las medidas de control de plagas disponibles en la actualidad para cada especie?**. A este respecto, se establece como medida obligatoria anteponer, siem-

pre que sea posible, los métodos biológicos, biotecnológicos, culturales, físicos y genéticos a los métodos químicos, además de proteger la fauna auxiliar, lo que requiere un inventario de la misma durante el periodo de incidencia del fitófago. **(b) ¿Cuáles son los umbrales en cada caso y cómo obtenerlos?** Una de las grandes dificultades que existen en la actualidad es la escasez de umbrales en la literatura científico-técnica, lo que a veces hace que emerjan las observaciones empíricas. El Reglamento establece la obligatoriedad de realizar la estimación del riesgo en cada parcela a partir de los datos de la correspondiente Estación de Control, calculados mediante sistemas de muestreo establecidos en el cuadro nº 3 del mismo. Además se apunta que la aplicación de medidas directas de control sólo se efectuará cuando los niveles poblacionales superen los umbrales y/o los criterios mínimos de intervención.

## 7.5. Conclusiones

El cultivo del olivo es el motor de la economía de muchas regiones de Andalucía, y su importancia trasciende al propio aprovechamiento de su fruto, y en menor medida de su madera, pues este enraizado agroecosistema mediterráneo es elemento clave del paisaje, y sede de actividades económicas tan importantes como la cinegética y el turismo rural. De ahí, la importancia de implantar progresivamente sistemas de manejo del cultivo que se ajusten a los principios de la Agricultura Sostenible, Control Integrado de Plagas o el Control de Plagas bajo los principios de la Agricultura Ecológica, pues sólo así se garantizará que perdure en el tiempo como protagonista del desarrollo económico sostenible en Andalucía.

Pero el desarrollo de estos sistemas no debe limitarse a reducir o eliminar el empleo de insecticidas. En efecto, en los últimos años asistimos a una vertiginosa reducción del número de materias disponibles en el mercado para el Control de Plagas en olivar, no acompañada en muchos casos de la aparición de nuevas alternativas de control. Esto puede acarrear numerosos riesgos, primero por la limitación de medidas de control de plagas clave de cultivo, y segundo por la posible aparición de resistencia por el uso exclusivo y continuado de alguna de ellas. Es necesario tener presente que, al igual que el empleo innecesario o inadecuado de insecticidas químicos menoscaba la sostenibilidad del cultivo, ésta también queda amenazada por la ausencia de métodos de control eficaces para el control de plagas clave, o potencialmente importantes en las nuevas explotaciones intensivas y superintensivas. Este es uno de los principales retos científico-técnicos en la actualidad, la búsqueda de nuevas estrategias de control de plagas que se ajusten a los principios del control integrado o de la agricultura ecológica, entre las que destaca el Control Biológico por medio de entomófagos, depredadores y parasitoides, y microorganismos entomopatógenos.

Pero también es necesario avanzar en aspectos sociales relacionados con el Control de Plagas. Es cierto que el grado de concienciación social en pro de estrategias de Control de Plagas más respetuosas con el medio es cada vez mayor, pero es necesario potenciarlo desde todas las instituciones regionales, nacionales y supranacionales. Desgraciadamente, todavía asistimos con asombro y preocupación a la práctica de utilizar calendarios de tratamientos y realizar aplicaciones indiscriminadas sin prescripción técnica. A este respecto, la aplicación del principio de ecocondicionalidad a las ayudas provenientes de la Unión Europea se

ha convertido en un primer toque de atención a los agricultores, pues de forma directa, se vinculan por primera vez aspectos medioambientales a la economía de las explotaciones. Pero no es suficiente.

Además, hasta la fecha, el sello de calidad "Producción Integrada" tiene una demanda infinitamente menor por parte de los consumidores que la propia de la "Producción Ecológica", debido quizá a aspectos relacionados con la información y marketing, aspecto que debe corregirse con urgencia, lo que necesita iniciativas procedentes de distintas organizaciones sociales y de las administraciones públicas.

Existen otros componentes de la agronomía del olivo que han experimentado una mayor evolución en el grado de conocimiento, desarrollo e innovación que el Control de Plagas, lo que puede deberse a varios factores. Es cierto que las principales plagas de insectos del olivar, con énfasis en la mosca del olivo *B. oleae* y la prays *P. oleae* son extremadamente difíciles de criar en condiciones controladas, lo que dificulta la experimentación básica y de laboratorio, pero también puede ser cierto que el número de Grupos de Investigación, de Instalaciones, de Fincas Experimentales, etc, que se dedican al estudio del Control de Plagas del Olivo en Andalucía parece insuficiente, como también la endémica falta de coordinación entre los entomólogos y los especialistas de otras áreas del cultivo, en especial la mejora. El Control de Plagas es una de las actividades más controvertidas en olivar, bajo el prisma de las tres componentes que confluyen en el cultivo, económica, ambiental y social, por lo que no se debe escatimar en el I+D+i público y privado para responder a las aún numerosas preguntas sin respuesta en este campo de la olivicultura.

## 7.6. Referencias

1. Kogan, M. 1998. Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. *Ann. Rev. Entomol.*, 43: 243-270.
2. Jiménez-Díaz, R. 1998. Concepto de sostenibilidad en la agricultura. En "*Agricultura Sostenible*". R. Jiménez-Díaz y J. Lamo de Espinosa (coordinadores). Agrofuturo. Life. Mundi-Prensa. Madrid. pp 3-14.
3. Mínguez, M.I. 2005. Agricultura sostenible: sistemas agrarios en evolución. *Phytoma* (España), 169: 17-19.
4. Arambourg, Y. 1986. *Traite d'entomologie oleicole*. Ed. Consejo Oleícola Internacional, Madrid, 360 pp.
5. De Andrés Cantero, F. 2001. *Enfermedades y plagas del olivo*. 4ª ed. Riquelme y Vargas Ediciones S.L. Jaén. 646 pp.
6. Campos, M., y Cívantos M. 2000. Técnicas de cultivo del olivo y su incidencia sobre plagas. *Olivae*, 84: 40-46.
7. Vossen, P., y Devarenne A.K. 2007. Organic olive production manual. *Olea*, 26: 29-36.
8. Torres, L. 2007. *Manual de Protecção Integrada do Olival*. Ed. J. Azevedo, Tras-os-Montes e Beira Interior, 433pp.
9. Alvarado, M; Cívantos, M., y Durán, J. M. 2008. Plagas. En "*El cultivo del olivo*", 6ª Edición. Coed. Mundi-Prensa, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Madrid. pp: 409-593.

10. Katsoyannos, P. 1992. *Olive pests and their control in the Near East*. FAO Plant Protection, 178 pp.
11. Cristofaro, M., Salvati, S., y Cirio, U. 1994. *Fagopyrum* sp. (Polygonaceae) for augmentation of parasitoid and predator impact in the biological control of *Prays oleae* and *Saissetia oleae* in Central Italy olive area. The development of environmentally safe pest control systems for the European olive. AGRE 0013: Eclair Final Tech. Prog. Report, 1990-1994.
12. Cárdenas, M., Ruano, F., García, P., Pascual, F., y Campos, M. 2006. Impact of agricultural management on spider populations in the canopy of olive trees. *Biol. Control*, 38: 188-195.
13. Cárdenas, M. 2008. *Análisis de la actividad ecológica de las arañas en el agroecosistema del olivar*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 334 pp.
14. Civantos, M. 1999. *Control de plagas y enfermedades del olivar*. Ed. COI, Madrid, 207pp.
15. Jardak, T., y Ksantini, M. 1996. La estructura de la protección fitosanitaria en Túnez: elementos básicos y necesidades económicas y ecológicas. *Olivae* 61: 24-33.
16. Mazomenos, B.E., Petrakis, P.V., Roussis, V., Leukidou, I., Ortiz, A., Stefanou, D., y Pantazis, A. 1994. Natural enemies of major olive pests: Community level mode of action. The development of environmentally safe pest control systems for the European olive. AGRE 0013. Eclair Final Tech. Progr. Report, 1990-1994.
17. Morris, T. 1997. *Interrelaciones entre olivos, plagas y depredadores*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 259 pp.
18. Redolfi, I., Tinaut, A., Pascual, F., y Campos, M. 1999. Qualitative aspects of myrmecocenosis (Hym., Formicidae) in olive orchards with different agricultural management in Spain. *J. App. Entomol.*, 123: 621-627.
19. Morris, T.I., Campos, M., Kidd, N.A.C., Jervis, M., y Symondson, W.O.C. 1999. Dynamics of the predatory arthropod community in Spanish olive groves. *Agr. Forest Ent.* 1: 1-10.
20. Ruano, F., Lozano, C., Tinaut, A., Peña, A., Pascual, F., García, P, y Campos, M. 2001. Impact of pesticides on beneficial arthropod fauna of olive groves. *IOBC/wprs Bulletin*, 24: 113-120.
21. Rodríguez, E., Peña, A., Raya, J.S, y Campos, M. 2003. Evaluation of the effects on arthropod populations by using deltamethrin to control *Phloeotribus scarabaeoides* Bern. (Coleoptera: Scolytidae) in olive orchards. *Chemosphere*, 52:127-134.
22. Croft, B.A. 1990. *Arthropod biological control agents and pesticides*. John Wiley & Sons. Inc. new York, 723p.
23. Copping, L.G., y Duke, S.O. 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agents. *Pest Manag. Sci.*, 63: 524-554.
24. Zapata, N., Budia, F., Viñuela, E., y Medina, P. 2006. Insecticidal effects of various concentrations of selected extractions of *Cestrum parqui* on adult and immature *Ceratitis capitata*. *J. Econ. Entomol.* 99: 359-365.
25. Siskos, E.P., Konstanotopoulou, M.A., Mazomenos, B.E., y Jervis, M. 2007. Insecticidal activity of *Citrus aurantium* fruit, leaf, and shoot extracts against adult olive fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecotoxicology* 100: 1215-1220.
26. Ruiz Torres, M., Tadueño, C., y Montiel, A. 2004. Efectividad de tratamientos cebo terrestres con Spinosad e Imidacloprid contra la Mosca del Olivo (*Bactrocera oleae* Gmel (Diptera: Tephritidae). Resultados preliminares. *Bol. San. Veg. Plagas*, 30: 415-425.

27. Ruiz Torres, M., y Montiel, A. 2007. Efecto de los tratamientos-cebo aéreos con spinosad contra mosca del Olivo (*Bactrocera oleae*, Gmel; Diptera: Tephritidae) sobre la entomofauna del olivar en la provincia de Jaén. Bol. San. Veg. Plagas, 33: 267-284.
28. Quesada-Moraga, E., Carrasco-Díaz, J.A., y Santiago-Álvarez, C. 2006a. Insecticidal and antifeedant activities of proteins secreted by entomopathogenic fungi against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera, Noctuidae). J. Appl. Entomol., 130: 442-452.
29. Konstantopoulou, M.A., Milonas, P., y Mazomenos, B.E. 2006. Partial purification and insecticidal activity of toxic metamolites secreted by a *Mucor hiemalis* Strain (SMU-21) against adults of *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol., 99: 1657-1664.
30. Ortiz-Urquiza, A., Garrido-Jurado, I. Santiago-Álvarez, C., y Quesada-Moraga, E. 2007. Partial purification and characterization of an insecticidal and antifeedant protein produced by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. IOBC wprs Bulletin 31 (En prensa).
31. Romero, A., Rosell, L., Martí, E., Tous, J. 2007a. Aplicación del caolín como tratamiento ecológico contra la mosca en el olivar de Cataluña. VI Jornadas Internacionales de olivar ecológico. Ecoliva 2007.
32. Romero, A., Rosell, L., Martí, E., Tous, J. 2007. Aplicación del caolín como tratamiento fitosanitario en el cultivo ecológico del olivo en la comarca del Priorat (Tarragona). VI Jornadas Internacionales de olivar ecológico. Ecoliva 2007.
33. Porcel, M., Martínez-Valdivieso, D., Fernández-Sierra, M.L., Peña, A., Ruano, F., y Campos, M. 2008. Effect of kaolin clay spray application on *Chrysoperla sp.* larvae survival and behaviour (Neuroptera, Chrysopidae). VI Jornadas Internacionales de olivar ecológico. Jaén.
34. Dajoz, R. 2001. *Entomología Forestal: Los insectos y el bosque*. Mundi-prensa, Madrid. 548 pp.
35. Karlson, P., y Butenandt, A. 1959. Pheromones (ectopheromones) in insects. Ann. Rev. Entomol., 4:39-58.
36. Tremblay, E., y Rotundo, G. 1980. I feromoni. En "*Prospettive di controllo biologico degli insetti in agricoltura*". CNR AQ/1/51-56, Padova, pp 81-121.
37. Suckling, D.M., y Karg, G. 2000. Pheromones and others semiochemicals. En "*Biological and biotechnological control of insects pests*". J.E.Rechcigl y N.A. Rechigl (eds.). CRC Press LLC, pp 63-100.
38. Baker, R., Herbert, R.H., Howse, P.E., Jones, O.T., Franke, W., y Reith, W. 1980. Identification and synthesis of the major sex pheromone of the olive fly (*Dacus oleae*). J.Chem. Soc. Chem Commun. No 1106, 52-53.
39. Foster, S.P., y Harris, M.O. 1997. Behavioral manipulation methods for insect pest-management. Ann. Rev. Entomol., 42: 123-146.
40. Broumas, T., Haniotakis, G., Liaropoulos, C., Tomazou, T., y Ragoussis, N. 2002. The efficacy of a fan improved form of the mass-trapping method for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera; Tephritidae): pilot-scale feasibility studies. J. Appl. Entomol., 126: 217-223.
41. Eliopoulos, P.A. 2007. Evaluation of comercial traps of various designs for capturing the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). Int. J. Pest Manager., 53: 245-252.
42. Ros, J.P., Blas, P., y Castillo, E. 2008. Un nuevo aspecto a tener en cuenta en el método de trapeo masivo para el control de la mosca del olivo *Bactrocera oleae* Gmel. Estudio de un mosquero más ecológico. Bol. San. Veg. Plagas, 34: 417-424.

43. Petacchi, R., Rizzi, I., y Guidotti, D. 2003. The "lure and kill" technique in *Bactrocera oleae* (Gmel.) control: effectiveness indices and the suitability technique in area-wide experimental trial. *International J. Pest Manag.*, 48: 305-311.
44. González, R, y Campos, M. 1995. A preliminary study on the use of trap trees baited with ethylene for integrated management of the olive beetle, *Phloeotribus scarabaeoides* (Bern.) (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.*, 119: 601-605.
45. Gonzalez, R., y Campos, M. 1996. The influence of ethylene on primary attraction of the olive beetle, *Phloeotribus scarabaeoides* (Bern.) (Col., Scolytidae). *Experientia*, 52: 723-727.
46. Rodríguez, E., Campos, M., Sanchez-Raya, J., y Peña, A. 2004. Uso de la deltametrina para el control del barrenillo del olivo, *Phloeotribus scarabaeoides* (Coleoptera, Scolytidae). *Phytoma*, 159: 22-32.
47. Mazomenos, B.E., Ortiz, A., Mazomenos-Pantazi, A., Stefanou, D., Stavrakis, N., Karapati, C., y Fountoulakis, M. 1999. Mating disruption for the control of the olive moth, *Prays oleae* (Bern) (Lep., Yponomeutidae) with the major sex pheromone component. *J. App. Entomol.*, 123:247-254.
48. Ortiz, A., Quesada, A., y Sánchez, A. 2004. Potential for use of syntetic pheromone for mating disruption of the olive pyralid moth, *Euzophera pinguis*. *J. Chem. Ecol.*, 30: 991-1000.
49. Herz, A., Hassan, S.A., Hegazi, E., Khafagi, W.E., Nasr, F., Youssef, A. A., Agamy, E., Ksantini, M., Jardak, T., Mazomenos, B.E., Konstantopoulou, M., Torres, L., Gonçalves, F., Bento, A., y Pereira, J.A. 2005. Towards sustainable control of Lepidopterous pests in olive groves. *Gesunde Pflanzen*, 57: 117-128.
50. Pfeiffer, D.G. 2000. Selective Insecticides. En "*Insect pest management: techniques for environmental protection*". J.E.Rechcigl y N.A. Rechigl (eds.). CRC Press LLC, pp 131-146.
51. Knippling, E.F. 1955. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Entomol.*, 48: 459-469.
52. Oseto, C.Y. 2000. Physical control of insects. En "*Insect pest management: techniques for environmental protection*". J.E.Rechcigl y N.A. Rechigl (eds.). CRC Press LLC, pp 25-102.
53. Knippling, E.F. 1959. Sterile-Male method of population control. *Science* 130: 902-904.
54. Robinson, A.S., y Franz, G. 2000. The application of transgenic insect technology in the sterile insect technique. En "*Insect Transgenesis: Methods and Applications*". A.M. Handler and A.A. James (eds.), CRC Press LLC, Florida, USA. pp 307-319
55. Economopolulos, A.P., y Zervas, G.A. 1982. The quality problem in olive flies produced for SIT experiments. Sterile technique and radiation in insects control, *IAEA-Sm-255/39*:357-368.
56. Gould, F., y Schliekelman, P. 2004. Population genetic of autocidal control and strain replacement. *Ann. Rev. Entomol.*, 49: 193-217.
57. Navarro-Llopis, V., Sanchis-Cabanes, J., Ayala, I., Casaña-Giner, V., y Primo-Yúfera, E. 2004. Efficacy of lufenuron as chemosterilant against *Ceratitidis capitata* in field trials. *Pest Manag. Sci.*, 60: 914-920.
58. Schoonhoven, L.M., Jermy, T. Y Loon, y J. Van. 1998. *Insect plant biology from physiology to evolution*. Chapman & Hall. UK. 409 pp.
59. Ramos, P., Rosales, R., Sabouni, I., Garrido, D., y Ramos, J.2008. Crop losses due to olive moth mediated by ethylene. *Pest Manag. Sci.*, 64: 720-724.
60. Smith, C.M. 2000. Plant resistance to insects. En "*Biological and biotechnological control of insects pests*". J.E.Rechcigl y N.A. Rechigl (eds.). CRC Press LLC, pp 171-212.

61. Santiago-Álvarez, C., y Quesada-Moraga, E. 2007. The olive fruit fly. *Olea* 26: 60-61.
62. Michelakis, S.E., y Neuenschwander, P. 1985. Bio-ecological data on *Dacus oleae* (Gmel.) for selective control in Crete, Greece. En «*Integrated Pest Control in Olive Groves*». Cavalloro and Crovetto (eds.), CEC/FAO/IOBC. Int. Joint Meet. Proc., pp 94-103.
63. Iannotta, N., Noce, M.E., Ripa, V., y Scalercio, S. 2007a. Assessment of susceptibility of olive cultivars to the *Bactrocera Oleae* (Gmelin, 1790) and *Camarosporium Dalmaticum* (Thum.) Zachos & Tzav.-Klon. attacks in Calabria (Southern Italy). *J. Environ. Sci. Health Part B* 42: 789–793.
64. Neuenschwander, P., Michelakis, S., Holloway, P., y Berchtold, W. 1985. Factors affecting the susceptibility of fruits of different olive varieties to attack by *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae). *Z. ange. Ent.* 100: 174-188.
65. Debach, P., y Rosen, D. 1991. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press. 2<sup>nd</sup> ed. UK.
66. Tanada, Y., y Kaya, H.K. 1993. *Insect Pathology*. Academic, N.Y.666 pp
67. Eilenberg, J., Hajek, A., y Lomer, C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Biocontrol*, 46: 387-400.
68. Ruiz-Castro, A. 1948-1951. *Fauna entomológica del olivo en España*. Instituto Español de Entomología. Madrid. Vol. I 182 pp; Vol. II 166 pp.
69. McEwen, P., y Ruiz, J. 1994. Relationship between non-olive vegetation and green lacewing eggs in a Spanish olive orchard. *Antena*, 18: 148-150.
70. Iannotta, N., Belfiore, T., Brandmayer, P., Noce, M.E., y Scalercio, S. 2007b. Evaluation of the impact on entomocoenosis of active agents allowed in organic farming against *Bactrocera oleae* (Gmelin, 1790). *J. Environ. Sci. Health, part B*, 42: 783-788.
71. Jiménez, A., Castillo, E., y Lorite, E. 1990. Supervivencia del himenóptero braconido *Opius concolor* Szep., parásito de *Dacus oleae* Gmelin en olivares de Jaén. *Bol. San. Veg. Plagas*, 16: 97-103.
72. Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., McEwen, P., Campos, M., y Lozano C. 1992 Biological control strategies in olive pest management. *BCPC Mono*, 52: 31-39.
73. Delrio, G., Lentini, A., y Satta, A. 2005. Augmentatives releases of *Eupelmus urozonus* Dalm. against the olive fruit fly and observations of its facultative hyperparasitism. 2<sup>nd</sup> European Meeting of the IOBC/wprs, Study group “Integrated protection on Olive Crops”. Florencia (Italia), p:14
74. Moretti, R., Lampazzi, E., Reina, P., y Calvitti, 2005. On the use of the exotic pupal parasitoid *Fopius arisanus* for the biological control of *Bactrocera oleae* in Italy. 2<sup>nd</sup> European Meeting of the IOBC/wprs, Study group “Integrated protection on Olive Crops”. Florencia (Italia), p:15.
75. Hegazi, E., Herz, A., Hassan, S.A., Khafagi, W.E., Agamy, E., Zaitun, A., El-Aziz, G.A., Showeil, S., El-Asid, S., y Khamis, N. 2007. Field efficiency of indigenous egg parasitoids (Hymenoptera, Trichogrammatidae) to control the olive moth (*Prays oleae*, Lepidoptera, Yponomeutidae) and jasmine moth (*Palpita unionalis*, Lepidoptera, Pyralidae) in an olive plantation in Egypt. *Biol. Control*, 43: 171-187.
76. Campos, M. 2001. Lacewings in Andalusian olive orchards. En “*Lacewings in the crop environment*”, P. McEwen, T.R. New and A.E. Whittington (eds.), Cambridge University Press, pp. 492-497.
77. Daane, K.M., y Caltigirone, E. 1989. Biological control of black scale in olives. *California Agric.*, 43: 9-11.

78. Tena, A., Soto, A., y García-Marí, F. 2008. Parasitoid complejo of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: parasitoid species composition and seasonal trend. *BioControl*, 53:473-487.
79. Quesada-Moraga, E., García-Tóvar, E., Valverde-García, P., y Santiago-Álvarez, C. 2004. Isolation, geographical diversity and insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* from soils in Spain. *Microbiol. Research*, 159: 59-71.
80. Santiago-Alvarez, C., y Quesada-Moraga, E. 2001. Empleo de *Bacillus thuringiensis* en los sistemas agrícolas. En "*Bioinsectidas: fundamentos y aplicaciones de Bacillus thuringiensis en el control integrado de plagas*". P. Caballero y J. Ferré (ed.). Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra, pp 191-217.
81. Yamvrias, C. 1972. Efficacite des preparations bacteriennes dans un essai de lutte contre le larves de la generation anthophage de *Prays oleae*. OILB, Group de Travail "Ravageurs de l'olivier". Portici, 18-20 Mai.
82. Yamvrias, C., y Young, E.C. 1977. Trials using *Bacillus thuringiensis* to control the olive moth *Prays oleae* in Greece in 1976. *Z. ang. Ent.* 84:436-440.
83. Yamvrias, C., Broumas, T., Liariopoulos, C., y Anagnou, M. 1986. Lutte contre la teigne de l'olivier avec une préparation biologique. *Ann. Inst. Phytopathol. Benaki* 15: 1-10.
84. Varlez, S., Jervis, M. A., Kidd, N. A. C., Campos, M., y McEwen, P. K. 1993. Effects of *Bacillus thuringiensis* on parasitoids of the olive moth, *Prays oleae* Bern. (Lep., Yponomeutiidae). *J. Appl. Entomol.*, 116: 267-272.
85. Dimitriadis, V.K., y Domouhtsidou, G.P. 2006. Effects of *Bacillus thuringiensis* strain ormylia spore-crystal complex on midgut cells of *Dacus (Bactrocera) oleae* larvae. *Cytobios* 87: 19-30.
86. Alberola, T.M., Aptosoglou, S., Arsenakis, M., Bel, Y., Delrio, G., Ellar, D.J., Ferré, J., Granero, F., Guttman, D. M.; Koliais, S., Martínez-Sebastián, M.J., Prota, R., Rubino, S., Satta, A., Scarpellini, G., Sivropoulou, A., y Vasara, E. 1999. Insecticidal activity of strains of *Bacillus thuringiensis* on larvae and adults of *Bactrocera oleae* Gmelin (Dipt. Tephritidae). *J. Invertebr. Pathol.*, 74: 127-136.
87. Sivropoulou, A., Haritidou, L., Vasara, E., Aptosoglou, S., y Koliais, S. 2000. Correlation of the Insecticidal Activity of the *Bacillus thuringiensis* A4 Strain Against *Bactrocera oleae* (Diptera) with the 140-kDa Crystal Polypeptide. *Current Microbiology* 41: 262-266.
88. Martignoni, M. E., y Iwai, P. J. 1986. A catalog of viral diseases of insects, mites, and ticks. 4<sup>th</sup> ed. Gen. Tech. Rep. PNW-195. Portland, OR: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station; 51 p.
89. Ekesi, S., Dimbi, S., y Maniania, N.K. 2007. The role of entomopathogenic fungi in the integrated management of tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) with emphasis on species occurring in Africa. En "*Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management*", Ekesi, S., Maniania, N.K. (eds.), SignPost, Kerala, pp. 239-274.
90. Quesada-Moraga, E., y Santiago-Álvarez, C. 2008. Hongos Entomopatógenos (Cap. VII). En "*Control Biológico de Plagas Agrícolas*". J. Jacas y A. Urbaneja (eds.). Phytoma España Vol. IV, pp 98-120.
91. Dimbi, S., Maniania, N.K., Lux, S.A., Ekesi, S., y Mueke, M. 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitidis capitata* (Weidemann), *C. rosa* var. *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera :Tephritidae). *Mycopathologia* 156, 375-832.



92. Ekesi, S., Maniania, N. K., y Lux, S.A. 2002. Mortality in three African tephritid fruit fly puparia and adults caused by the entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Sci. Technol.* 12: 7-17.
93. Ekesi, S., Maniania, N. K., y Lux, S.A. 2003. Effect of soil temperature and moisture on survival and infectivity of *Metarhizium anisopliae* to four tephritid fruit fly puparia. *J. Invertebr. Pathol.* 83: 157-167.
94. Ekesi, S., N. K. Maniania, S.A. Mohamed, y Lux, S.A. 2005. Effect of soil application of different formulations of *Metarhizium anisopliae* on African tephritid fruit flies and their associated endoparasitoids. *Biol. Control*, 35: 83-91.
95. Konstantopoulou, M. A., y Mazomenos, B.E. 2005. Evaluation of *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii* strains and four wild-type fungal species against adults of *Bactrocera oleae* and *Ceratitis capitata*. *BioControl*, 50: 293-305.
96. Castillo, M. A., Moya, P., Hernández, E., y Primo-Yúfera, E. 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extracts. *Biol. Control*, 19: 274-282.
97. Quesada-Moraga, E., Ruiz-García, A., y Santiago-Álvarez, C. 2006b. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *C. capitata* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 99: 1955-1966.
98. Quesada-Moraga, E., Martín-Carballo, I., Garrido-Jurado, I., y Santiago-Álvarez, C. 2008. Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Biol. Control.*, 47: 115-124.
99. Quesada-Moraga, E., Navas-Cortés, J.A., Maranhao, E.A., Ortiz-Urquiza, A., y Santiago-Álvarez, C. 2007. Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and agricultural soils. *Mycol. Res.*, 111: 947-966.
100. Garrido-Jurado, I., Santiago-Álvarez, C., Campos, M., y Quesada-Moraga, E. 2008. Assessing the effect of soil treatments with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin against puparia of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) on soil dwelling non target arthropods. *IOBC wprs Bulletin* (En prensa).
101. Geier, P.W., y Clark, L.R. 1961. An ecological approach to pest control. En "*Proc. Tech. Meeting Intern. Union Conser. Nature and Nat. Resources*", 8<sup>th</sup>, 1960. Warsaw, Poland, pp 10-18.
102. Carson, R. 1962. *Silent spring*. Houghton and Mifflin, Boston MA.
103. Stern, V.M., Smith, R.F., Van den Bosch, R., y Hagen, K.S. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part I. The Integrated Control Concept. *Hilgardia*, 29: 8-101.
104. Stern, V.M. 1973. Economic Thresholds. *Ann. Rev. Entomol.*, 18: 259-280.
105. Pedigo, L.P. 1996. *Entomology and pest management*. Prentice Hall International Inc. UK, 2ª edición, pp.
106. Higley, L.G., y Peterson, R.K.D. 2002. Decisión making. En "*Enciclopedia of Pest Management*", Pimentel, D (ed.). M. Dekker publishing, pp 184-186.

## CAPÍTULO 8: CONTROL DE ENFERMEDADES CAUSADAS POR MICROORGANISMOS

Blanca B. Landa del Castillo<sup>1</sup>, Rafael M. Jiménez-Díaz<sup>1,2</sup>, Juan A. Navas-Cortés<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Apartado 4084. 14080 Córdoba.

<sup>2</sup> Dpto. de Agronomía. Universidad de Córdoba. Campus Rabanales, Crtra. de Madrid km 396. 14071 Córdoba.

### 8.1. Importancia de las enfermedades en la sostenibilidad de los cultivos agrícolas

Las enfermedades de las plantas son consecuencia de procesos interactivos complejos entre un agente causal primario (el patógeno) y una planta susceptible en el marco de un ambiente adecuado. Junto con las plagas de artrópodos y las malas hierbas, las enfermedades son un componente importante de la producción agrícola porque tienen la capacidad de reducir significativamente (i.e., son *Factores Reductores*) el rendimiento potencial de los cultivos, o el rendimiento que puede alcanzarse cuando los cultivos se desarrollan en condiciones de disponibilidad subóptima de algunos *Factores limitantes* del crecimiento vegetal (i.e., agua, nutrientes, etc.) [1]. En términos generales, la magnitud de dicha reducción es determinada tanto por la naturaleza y etiología de la enfermedad como por la fisiología y ecología del cultivo en cuestión, el potencial genético de la variedad, etc. entre otros (Fig. 1).

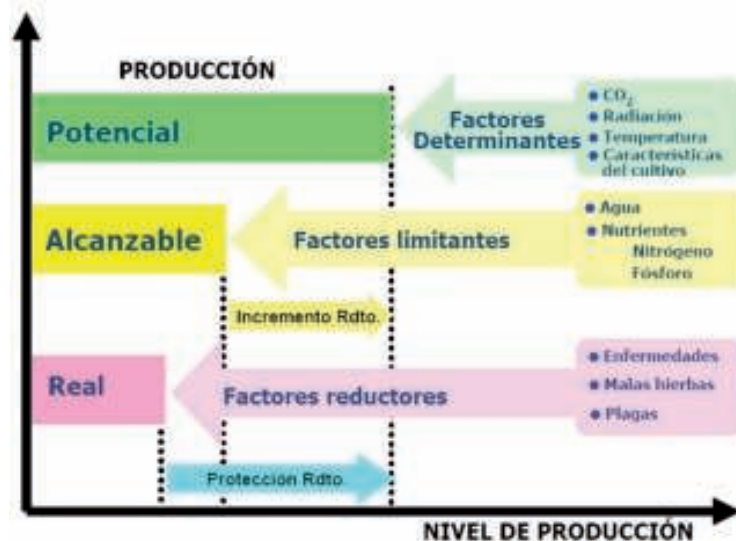


Figura 1. Relación entre los rendimientos potencial, alcanzable y real y factores determinantes, limitantes y reductores del crecimiento y producción vegetal (Fuente: Adaptado de Robbinge, 1993).

Durante los últimos años, un grupo de investigadores alemanes ha realizado estudios sobre pérdidas globales causadas por ataques de enfermedades, plagas y malas hierbas, que en términos globales probablemente es el más completo y concienzudo de los realizados hasta la fecha sobre esta materia [2,3]. En dichos estudios se ha estimado que las pérdidas originadas globalmente por enfermedades en los ocho cultivos más relevantes para la alimentación y la industria (algodón, arroz, café, cebada, maíz, patata, soja, y trigo), en 17 regiones del mundo, alcanzaron durante 1988-1990 una media anual del 12,4% de la cosecha alcanzable y del 13,3 % del valor monetario de ésta. Paradójicamente, 10 años más tarde, los mismos investigadores concluyeron que la pérdida media anual de cosecha causada por enfermedades en los mismos cultivos durante el periodo 1996-1998 ascendió al 12,6% de la cosecha alcanzable y 13,3% del valor monetario de ésta, a la cual debe sumarse un 10% de pérdida postcosecha; y todo ello a pesar de que en los cultivos evaluados se habían llevado a cabo prácticas de control frente a dichas enfermedades (Fig. 2).

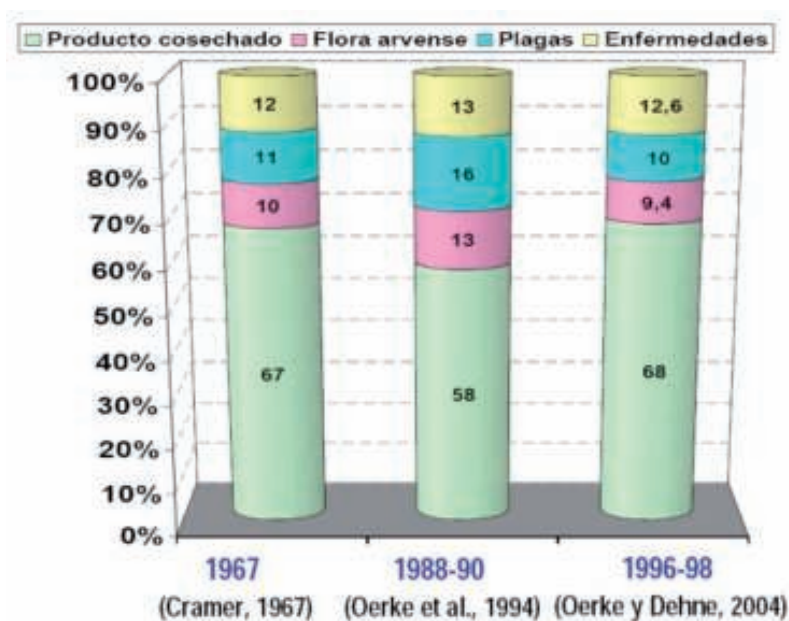


Figura 2: Comparación de estimaciones de pérdidas globales de cosecha alcanzable causadas por enfermedades, plagas y flora arvense. Adaptado de Cramer (1967), Oerke et al. (1994) y Oerke y Dehne (2004).

Además, es interesante destacar de dichos estudios que aunque la infestación por malas hierbas parece tener el mayor potencial de reducir el rendimiento de los cultivos, la eficacia de las medidas de control contra ellas es máxima (68%) comparada con enfermedades y plagas (39% y 32%, respectivamente), ya que mientras que las malas hierbas pueden ser controladas manual, mecánica o químicamente el control de plagas de insectos o enfermedades se basa fundamentalmente en la aplicación de pesticidas.

Igualmente, es digno de resaltar que las pérdidas de rendimiento globales antes referidas son ligeramente superiores a las estimadas por Cramer [4] en un estudio similar realizado 20 años antes (Fig. 2). Una interpretación posible de esta coincidencia en la magnitud de dichas pérdidas, es que los avances realizados en dicho período de tiempo en relación al desarrollo de conocimiento y tecnologías para el manejo eficiente de las enfermedades de los cultivos, no han tenido aún una repercusión significativa en la consecución del objetivo final de la Fitopatología, que es el control de las enfermedades en los cultivos. Una interpretación alternativamente de dicha situación es que las estrategias de producción agrícola que han prevalecido hasta ahora en la agricultura productivista han determinado un aumento en el número y severidad de las enfermedades que afectan a los cultivos. Esta última posibilidad ha sido atribuida por varios especialistas a factores como: a) Existencia de una insuficiente diversidad genética en los cultivos y cultivares/variedades de plantas, que hace que se favorezca la aparición de variantes en las poblaciones de los patógenos capaces de superar la resistencia disponible en aquéllos; b) la intensificación en el uso de los mismos genotipos de especies cultivadas y su agregación o localización en términos geográficos; y c) la prevalencia del monocultivo en espacio y tiempo.

En este capítulo nos proponemos contribuir al análisis de la sostenibilidad del olivar en Andalucía, abordando diversos aspectos relacionados con las enfermedades del cultivo de origen microbiano y las estrategias más adecuadas para su control. En primer lugar se presenta una revisión sucinta de las enfermedades más importantes y limitantes que afectan los olivares de Andalucía, estableciendo un diagnóstico sobre aquéllas que actualmente constituyen las principales amenazas, y especialmente sobre la Verticilosis que es considerada la enfermedad más limitante para el olivar y que puede condicionar la estabilidad de su cultivo en Andalucía en la actualidad. Posteriormente, se presenta una visión de la situación actual y perspectivas futuras del control de enfermedades en el marco de la Unión Europea, planteando el papel del uso de productos fitosanitarios para el control de enfermedades en olivar. Finalmente, se ofrece una visión global de la información disponible sobre las medidas disponibles para el control de enfermedades en olivar, abordando fundamentalmente el control de la Verticilosis.

## 8.2. Enfermedades del olivo

### *8.2.1. Información existente e impacto de enfermedades en olivar en Andalucía*

El impacto de las enfermedades sobre el desarrollo de un olivar depende del modo de interacción concreto entre el cultivar de olivo y el patógeno en cuestión, que a su vez vendrá determinado por las características morfológicas y fisiológicas de la plantación, del agente fitopatógeno y de sus interacciones con las condiciones ambientales donde se ubique la plantación. Los ataques de enfermedades en olivar pueden ser: i) Reductores de la densidad final de plantación; ii) reductores de la absorción y translocación de agua y nutrientes; iii) reductores de la interceptación y absorción de la radiación solar; y iv) reductores de la tasa de asimilación fotosintética.

### 8.2.2. Principales enfermedades que afectan al olivar en Andalucía

En olivo se han descrito más de 50 agentes bióticos que originan en la planta enfermedades bien conocidas, otras de etiología no bien determinada, o infecciones latentes. En la Tabla 1 se recogen las principales enfermedades que afectan al olivar en ambientes mediterráneos y constan descritas en España de acuerdo con la información disponible en la literatura fitopatológica.

**Tabla 1. Principales enfermedades del olivo descritas en la Cuenca Mediterránea**

Enfermedad	Agente
<b>Micosis aéreas</b>	
Repilo	<i>Fusicladium oleagineum</i> = <i>Spilocaea oleagina</i> = <i>Cyloconium oleaginum</i>
Aceitunas jabonosas/ Antracnosis	<i>Colletotrichum acutatum</i> , <i>Colletotrichum gloesporioides</i> = <i>Gloeosporium olivarum</i>
Negrilla	<i>Capnodium elaeophilum</i>
Escudete	<i>Camarosporium dalmaticum</i> = <i>Sphaeropsis dalmatica</i>
Emplomado	<i>Mycocentrospora</i> (= <i>Cercospora</i> ) <i>cladosporioides</i>
Lepra	<i>Phlyctema vagabunda</i> = <i>Gloeosporium olivae</i>
Otras podredumbres de fruto	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Botryosphaeria obtusa</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Cladosporium</i> , etc.
Muerte regresiva de ramas	<i>Botryosphaeria ribis</i>
Otras micosis foliares	<i>Stictis</i> , <i>Leveillula</i> , <i>Phyllactinia</i> , etc.
Chancros	<i>Eutypa lata</i> , <i>Phoma incompta</i> , <i>Diplodia</i> sp.
Podredumbres del tronco	<i>Fomes</i> , <i>Phellinus</i> , <i>Polyporus</i> , <i>Stereum</i> , etc.
<b>Micosis radicales</b>	
Verticilosis	<i>Verticillium dahliae</i>
Podredumbres de raíces	<i>Armillaria</i> , <i>Rosellinia</i> , <i>Omphalotus</i> , <i>Phytophthora</i> spp. <i>Phytophthora megasperma</i> , <i>Pythium irregulare</i>
<b>Bacteriosis</b>	
Tuberculosis	<i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>savastanoi</i>
<b>Virosis</b>	
Malformaciones foliares, Amarillez, Infecciones latentes	Cucumovirus del mosaico del pepino (CMV), nepovirus del mosaico del arabis (ArMV) y del enrollado de la hoja del cerezo (CLRV), sadwavirus latente de las manchas de la fresa (SLRSV), closterovirus asociado a la amarillez de las hojas del olivo (OLYaV), Necrovirus latente del olivo OLV-1 y OLV-2 Nepovirus, Cucumovirus, OLV1 OLV2
<b>Nematodos</b>	
Nódulos/Lesiones radiculares/ Transmisores de virus	<i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus</i> , <i>Rotylenchulus</i> spp., <i>Heterodera mediterranea</i> , <i>Xiphinema</i> spp.

De ellas, la Tuberculosis, el Repilo, y especialmente la Verticilosis, serán abordadas en esta sección en apartados independientes. Estas tres enfermedades son las de mayor significación a nivel regional y en las que se ha realizado un mayor esfuerzo en investigación a nivel nacional.

Aunque algunos nematodos fitoparásitos pueden causar directamente enfermedades en olivo, en particular las especies de *Meloidogyne* spp. [5], o ser transmisores de virus, como es el caso de *Xiphinema diversicaudatum* [6], éstos no serán discutidos en este Capítulo. El mayor problema de nematodos en olivo se ha descrito en la propagación viverista, donde éstos pueden infectar plántones de olivo de diversa edad causándoles importantes reducciones de crecimiento y vigor, e incluso la muerte, además del riesgo de su transmisión cuando se establecen plantaciones utilizando material propagativo infectado [5].

Existen varios hongos fitopatógenos que pueden infectar el fruto ocasionándole podredumbres de diversa magnitud (Tabla 1). Entre ellos merecen destacarse diversas especies de *Colletotrichum* que causan la enfermedad conocida como Antracnosis o Aceituna jabonosa, lepra o vivillo, y que puede suponer pérdidas del rendimiento muy acusadas en las zonas de mayor humedad de Andalucía, al originar pérdida de peso y caída prematura del fruto, y dar lugar a aceites de muy baja calidad por su alta acidez y coloración rojiza [7]. Otros hongos que pueden infectar específicamente el fruto y originar pérdidas en el rendimiento graso y reducción de la calidad del aceite incluyen *Phlyctema vagabunda* (= *Gloeosporium olivae*), y otros hongos componentes habituales de la microflora epífita de hojas y frutos que en determinadas circunstancias pueden llegar a perjudicar a éste [*Alternaria*, *Camasporium dalmaticum* (= *Sphaeropsis dalmatica*), *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Phomopsis*]. Finalmente, otros agentes fitopatógenos que causan enfermedades a las partes aéreas (Repilo, Tuberculosis, Emplomado, y Escudete, entre otras) pueden llegar a afectar al fruto bajo circunstancias particulares.

Más importantes pueden llegar a ser las enfermedades que causan la Seca y Podredumbres radicales del olivo, que en condiciones muy favorables para su desarrollo pueden originar la muerte de plántones y de árboles adultos. Existen gran cantidad de especies de hongos fitopatógenos que causan Podredumbres radicales en especies leñosas y que también pueden infectar al olivo (ej., *Armillaria mellea*, *Cylindrocarpon* spp., *Phytophthora* spp. y *Rosellinia necatrix*, entre otros). Recientemente se ha constatado que la "Seca" o Muerte de plántones no debida a Verticilosis (Ver apartado 9.2.3.3) es originada en gran medida por podredumbres radicales agravadas en años de lluvias intensas, fundamentalmente en zonas bajas de la parcela o suelos con problemas de encharcamiento donde se acumula el agua. Esta "Seca" se asocia fundamentalmente con oomicetos del género *Phytophthora* (ej., *P. megasperma* y *P. inundata*) [8].

Otras enfermedades de menor importancia incluirían la Negrilla, Tizne o Fumagina, que consiste en el desarrollo de una película negra superficial sobre las hojas, ramas, troncos y en ocasiones frutos (constituida por micelio y esporas de hongos fitopatógenos epífitos). Su aparición es favorecida por condiciones de elevada humedad relativa y temperaturas suaves, con presencia de melazas producidas por la cochinilla de la tizne o por el propio árbol en situaciones de estrés. La Negrilla puede ser causada por especies de los géneros *Capnodium*, *Limacinula* y *Aerobasidium* [7].

Finalmente, existen hasta 13 virus pertenecientes a 7 géneros que han sido aislados de olivo; sin embargo, su papel causativo en el desarrollo de alguna enfermedad de significación es aún desconocido. La mayoría de dichos virus se han aislado de árboles asintomáticos, o de un solo o muy pocos árboles, como el nepovirus latente de las manchas del olivo (OSLV). Otros virus de mayor importancia incluirían los virus del mosaico del pepino (CMV), mosaico del arabis (ArMV), y enrollado de la hoja del cerezo (CLRv), el sadwavirus latente de las manchas de la fresa (SLRSV), y el closterovirus asociado a la amarillez de las hojas del olivo (OLYaV) [6].

### 8.2.3.1 La Tuberculosis del olivo

#### Importancia y distribución

La Tuberculosis o "Verrugas del olivo" es la primera de las enfermedades del olivo de la que se tiene referencia histórica, ya que fue descrita por el filósofo griego Teofrasto, en el siglo IV A.C. El agente causal es la bacteria *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* (= *P. syringae* pv. *savastanoi*) [9]. Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en todas las zonas olivareras andaluzas y españolas, así como el resto de áreas de cultivo de clima mediterráneo de Europa Central, Asia Menor, Australia, Sudáfrica, California, Argentina, Perú y Nueva Zelanda [7].

En España se ha estimado que la enfermedad es responsable de pérdidas del 1,3% de la producción anual [10], aunque en algunas comarcas, como la cuenca del Río Guadajoz en la provincia de Córdoba, se le considera la tercera enfermedad del olivo en importancia tras Repilo y Lepra [11]. Sin embargo, la Tuberculosis no debe constituir un factor limitante en olivares manejados adecuadamente si se aplican las medidas preventivas de forma adecuada que repercuten en un control satisfactorio de la enfermedad.

#### Sintomatología

La Tuberculosis se caracteriza por tumores que se desarrollan aislados o agrupados en cualquier parte del árbol, incluyendo tronco, ramas, brotes y en menor frecuencia hojas y frutos [7, 12, 13] (Fig. 3).



Figura 3. Tumores pequeños lignificados afectando el perímetro de ramos de olivo ocasionando defoliación y seca de éstos (Foto: J. L. Trapero Casas).

Inicialmente, los tumores son pequeños, blandos, lisos y de color verde. Después aumentan de tamaño, se lignifican, endurecen y presentan una superficie irregular agrietada. La ubicación y edad de los tumores tiene gran importancia, ya que, en su desarrollo, el tumor puede abarcar todo el perímetro del ramo y ocasionar la muerte de éste, por lo que son más perjudiciales los tumores viejos y los que se forman en ramas de menor desarrollo [14]. Consecuentemente, los ataques de Tuberculosis pueden originar en último término la muerte de ramas y brotes, y un debilitamiento progresivo del árbol que hacen difícil valorar su repercusión real [15]. Así, la incidencia de tumores ha sido relacionada con una reducción sustancial en el número y tamaño de los frutos formados en ramas afectadas, y en consecuencia del rendimiento del árbol [16]. El perjuicio económico no ocurre exclusivamente debido a la disminución de los rendimientos, sino también a alteraciones organolépticas en el fruto que disminuyen la calidad del aceite [14]. De hecho *P. savastanoi* pv. *savastanoi*, junto con *V. dahliae*, están recogidos en la Directiva de la UE 92/34 relativa a las enfermedades que afectan a la calidad del aceite de manera significativa.

#### *Supervivencia y patogénesis*

*P. savastanoi* pv. *savastanoi* sobrevive de una estación a otra en los tumores, como epífita sobre los tallos y hojas [17], y como endófita en las ramas y tronco [18]. Por ello, los tumores y probablemente hojas no infectadas sobre cuya superficie está generalmente presente la bacteria pueden actuar como fuente de inóculo para la enfermedad [19]. Sin embargo, la bacteria sólo sobrevive unos días en el suelo [20].

El patógeno inicia la infección a través de heridas, en particular por las cicatrices originadas por la caída de las hojas [21], así como por las ocasionadas por insectos, granizo, la poda o la recolección, o por las grietas en los ramos jóvenes producidas por frío y heladas [15,22]. Se ha demostrado experimentalmente que la incidencia de heladas y granizo y el grado de dificultad de la recolección influyen en el número de heridas y determina el número de tumores desarrollados [23].

Una vez establecida la infección, la invasión y multiplicación en los tejidos del huésped de la bacteria desencadena la hipertrofia e hiperplasia de los tejidos y la posterior formación del tumor. La bacteria puede desplazarse en el interior de los espacios intercelulares e incluso por los vasos del xilema y producir nuevos tumores en nuevas heridas [24]. La producción y secreción de las fitohormonas ácido indol-3-acético y citoquininas es necesaria para la formación de tumores y los correspondientes genes de biosíntesis han sido localizados en plásmidos en diversas cepas de la bacteria [25]. Por otro lado, también se ha descrito que la formación de tumores es dependiente de un sistema de secreción de tipo III [26] implicado en la inducción de la respuesta hipersensible y patogenicidad (genes *hrp/hrc*), aunque estos genes no han sido identificados en su totalidad ni caracterizados completamente en *P. savastanoi* pv. *savastanoi* [27]. En este sentido, se están realizando estudios de genómica funcional para identificar genes del patógeno implicados en su multiplicación e invasión de olivo, que han permitido identificar varios genes pertenecientes a diversas categorías funcionales que incluyen el metabolismo central o de los ácidos nucleicos, relacionados con virulencia y secreción, biosíntesis de envueltas celulares, respuesta a estrés y adaptación ambiental y quimiotaxis [28].



#### *Ecología y Epidemiología*

*P. savastanoi* pv. *savastanoi* se desarrolla óptimamente a 22-25°C [29,30] aunque puede crecer y multiplicarse en el intervalo 5-37°C, lo que implica que en las condiciones de clima mediterráneo del sur de España estos procesos puedan tener lugar durante toda la estación del cultivo, tal y como demuestra el desarrollo de enfermedad en ramos inoculados en invierno en que la bacteria es capaz de causar infecciones a temperaturas de 5-10°C [20]. Los períodos de infección más favorables se dan no obstante en otoño y primavera, en que las condiciones de humedad y temperatura favorecen que se alcancen las densidades máximas de población de la bacteria [13, 31], siendo el verano cuando los niveles de población son más reducidos [31]. Similarmente, en las condiciones de California (EE.UU.) las infecciones tienen lugar durante la estación lluviosa, desde final de octubre a primeros de junio [32]. Si la infección ocurre en otoño pueden transcurrir varios meses hasta que se desarrolla el tumor, lo cual no ocurre hasta que el árbol reanuda el crecimiento activo. Por el contrario, en infecciones primaverales el tiempo entre la infección y formación del tumor puede ser de 10-14 días [20]. Las cicatrices de las hojas son más susceptibles a la infección durante los 2 primeros días tras la caída de la hoja, decreciendo con el tiempo la probabilidad de infección durante los 7 días posteriores [21].

#### **8.2.3.2. El Repilo del olivo**

##### *Importancia y distribución*

El Repilo o "Vivillo" ha sido considerado tradicionalmente como la enfermedad más importante del olivar español [7] y es la micosis del olivo más extendida en el mundo [20]. Está presente en toda la Cuenca Mediterránea (Chipre, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Israel, Libia, Jordania, Malta), Argentina, Australia, Chile, Etiopía, Eritrea, Estados Unidos, Georgia, Irán, Nueva Zelanda, Perú, Somalia, y Sudáfrica.

La enfermedad puede originar la defoliación severa del árbol que en algunos casos alcanza al 60-70% del follaje [33]. La disminución de la actividad fotosintética ocasionada por dicha caída da lugar al debilitamiento del árbol y reducción de su producción. A esto pueden sumarse las pérdidas directas ocasionadas por la caída de frutos cuando se producen infecciones del pedúnculo. En años de epidemias severas en algunas áreas en California se han estimado pérdidas de hasta el 20% de la producción, y anualmente se ha estimado una caída del 9-15% de hojas seguida de la muerte del 10-20% de brotes fructíferos debidos a la infección por el patógeno [20]. Más severas son aún las pérdidas descritas en Nueva Zelanda, donde el 40% de los olivos estaban afectados [34], a las que se han asociado la baja productividad del olivar observada en la zona [35]. En España se han estimado reducciones del 6,2% en el rendimiento durante el período 1969-74 [36], aunque se estima que la enfermedad puede estar presente en el 60% de los olivares españoles [37]. Además, hay que considerar el coste económico de los tratamientos fungicidas para su control, así como los impactos de éstos sobre el medio ambiente [7] (Ver apartado 5.2.3).

##### *Etiología*

El agente causal del Repilo del olivo es el hongo *Fusicladium oleagineum*. Sin embargo, hasta fechas recientes ha sido ampliamente aceptada la asignación del hongo al género *Spilocaea*, con lo que la denominación más frecuentemente utilizada era *Spilocaea oleagina*. No obstante, Braun et al. [38] eliminaron el taxón tras una revisión de la ubicación taxonómica del

género *Spilocaea* y reubicaron todas sus especies en el género *Fusicladium*, siendo en la actualidad *Fusicladium oleagineum* el nombre propuesto para el agente del Repilo del olivo. El nombre del patógeno hace referencia exclusivamente al estado asexual del hongo. El estado sexual no se conoce, aunque ha sido objeto de diversas investigaciones [ej., 39, 40, 41, 42], pero podría corresponderse con *Venturia* por analogía con otras especies de *Spilocaea* como indican diversos estudios filogenéticos del ADN ribosómico [43]. *F. oleagineum* se considera un patógeno específico del olivo y del acebuche, aunque también se han descrito infecciones en *Phillyrea angustifolia*, una especie próxima al olivo [44].

#### Sintomatología

*F. oleagineum* causa lesiones en el limbo foliar y ocasionalmente en el peciolo, pedúnculo del fruto y fruto. Los síntomas más característicos son manchas circulares en el haz foliar, de tamaño variable (hasta 1,0-1,5 cm de diámetro) y color marrón oscuro. Inicialmente, en primavera, las manchas son de color oscuro, aceitoso y brillante, y posteriormente presentan un característico centro amarillento que queda separado de un halo amarillento exterior por una zona verde (Fig. 4).

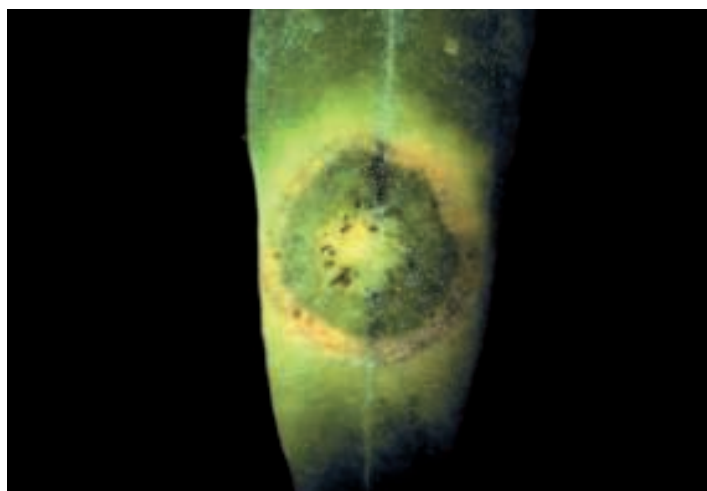


Figura 4. Síntomas de Repilo en hoja de olivo con manchas circulares características de *Fusicladium oleagineum* (Foto: R.M. Jiménez Díaz).

Durante el otoño e invierno las manchas de Repilo carecen de halo y toman una coloración pardo-oscuro a negruzca debido a la abundante formación de esporas del patógeno [14,45]. El desarrollo de síntomas en el envés es menos patente, y suelen consistir en zonas ennegrecidas intermitentes a lo largo del nervio central. Las manchas en el limbo foliar dan lugar a la caída de la hoja. Sin embargo, la defoliación también puede ocurrir en ausencia de lesiones foliares, como consecuencia de infecciones en el peciolo, en cuyo caso la hoja cae aún verde o tras amarillear [46, 47]. La sintomatología descrita se suele denominar Repilo visible. En ocasiones tienen lugar infecciones del pedúnculo del fruto que dan lugar a manchas pardas, alargadas, el arrugamiento de la aceituna y eventualmente su caída acompañada del pedúnculo [48], lo que conlleva un efecto negativo adicional indirecto sobre la calidad del

aceite [49]. Menos frecuente resulta la aceituna afectada directamente, en cuyo caso aparece deformada al detenerse el crecimiento en la zona infectada [46]. La infección del fruto, deprecia la calidad del mismo para su utilización como aceituna de mesa, aunque parece no incidir de forma directa en la calidad del aceite. No obstante, se producen un retraso en la maduración y un descenso del rendimiento graso [37].

El nombre 'Repilo' en sentido amplio designa no obstante diversas enfermedades del olivo, caracterizados por la defoliación del árbol. Aunque en la mayoría de los casos la causa de la defoliación es la infección por *F. oleagineum*, se conocen no obstante otras enfermedades foliares del olivo que igualmente ocasionan la defoliación de las ramas afectadas y que con frecuencia son confundidas con el Repilo, sobre todo cuando los ataques se presentan simultáneamente en el mismo árbol [50, 51]. De ellas, la más frecuente en Andalucía durante los últimos años es el Emplomado o Repilo plumizo causado por el hongo *Mycocentrospora cladosporioides*. Asimismo, en ciertas comarcas andaluzas se presenta la enfermedad conocida como Antracnosis o Aceitunas jabonosas causada por especies del hongo *Colletotrichum*, *C. gloeosporioides* y *C. acutatum*. En España, ésta última afecta principalmente a los olivares situados en franjas del litoral sur de la Península y sus ataques se han localizado exclusivamente en los frutos [45].

#### *Supervivencia y patogénesis*

*F. oleagineum* sobrevive períodos desfavorables como micelio en hojas infectadas que permanecen en el árbol afectado. En otoño, con condiciones ambientales favorables, la infección se expande dando lugar a la formación de las lesiones típicas de la enfermedad en las que tiene lugar la formación de conidias o esporas asexuales del hongo [40, 41]. Dichas esporas también pueden desarrollarse en las hojas infectadas caídas al suelo; sin embargo, el papel que este inóculo puede tener en la epidemiología de la enfermedad es incierto, aunque las investigaciones realizadas en las condiciones que prevalecen en Andalucía indican que su papel es escaso [52]. Así, en hojas infectadas caídas al suelo no hay formación de nuevas conidias y las ya existentes pierden su viabilidad a las pocas semanas probablemente por la colonización rápida de las hojas por hongos saprotrofos que desplazan a *F. oleagineum* del tejido infectado [42]. En cambio, las conidias formadas en las hojas que permanecen adheridas al árbol se mantienen viables durante varios meses, aunque una vez que son separadas de los conidióforos pierden su capacidad germinativa en poco tiempo [37]. En cualquier caso, la esporulación del patógeno sobre hojas caídas y muertas parece corresponder en el tiempo con la que tiene lugar sobre hojas infectadas no caídas [41].

Dada la ausencia de reproducción sexual en *F. oleagineum*, las únicas esporas que participan en la multiplicación y dispersión del patógeno son las conidias producidas en las lesiones. Las conidias son dispersadas a cortas distancias de los tejidos infectados, principalmente por la lluvia, ya que en ambiente seco no suelen ser separadas de éstos por corrientes de aire [41, 53]. Ello hace que las sucesivas infecciones tengan lugar preferentemente en sentido descendente en el árbol, donde además es mayor la humectación del tejido foliar [20]. Por otro lado, aunque con menor importancia cuantitativa, en tiempo seco se ha puesto de manifiesto un mecanismo de dispersión a larga distancia favorecido por los pelos aparasolados de las hojas [53] o bien mediada por insectos [54].

La necesidad de agua libre procedente de la lluvia, rocío, o nieblas, es una condición necesaria para que se produzca la infección por *F. oleagineum* [45]. Salerno [55] indica una pobre germinación de las conidias si la humedad relativa (RH) es inferior al 90%. En condiciones no limitantes de HR (i.e., 100%) el porcentaje de germinación de conidias se incrementa 16 al 48% tras 24 h de incubación a 5 y 20°C, respectivamente, y decrece al 39% a 25°C. La tasa de elongación del tubo germinativo tiene un patrón de variación con la temperatura similar a la germinación de las conidias, salvo por su óptimo de 15°C [56]. El incremento del período de humectación incrementa asimismo la germinación de las conidias en función de la temperatura, alcanzando un mínimo de 9 h a 15 y 20°C, se incrementa hasta las 12 h a 10 y 25°C y se requieren 24 h a 5°C. La germinación no tiene lugar en ausencia de agua libre [56]. La posterior penetración de los tejidos susceptibles requiere la formación de un apresorio en el tubo germinativo, que tiene lugar en el intervalo 16 a 24°C y óptimamente a 20°C [57]. Otras investigaciones indican no obstante un máximo de formación de apesorios a 15°C, con ausencia de ellos a 25°C [56]. Similarmente, la infección por *F. oleagineum* se produce entre 8 y 24°C con un óptimo a 20°C [57], aunque en España se indican óptimos térmicos en torno a 15°C [58]. En presencia de agua libre de forma continuada la infección se completa en 24 h a 20°C, y en 48 o 36 h a 16 y 24°C, respectivamente [57]. A pesar de las ligeras diferencias entre los resultados de las diferentes investigaciones realizadas, el amplio intervalo de temperaturas en que las conidias de *F. oleagineum* es capaz de germinar sugiere que la infección por el patógeno puede ocurrir durante la mayor parte del año en las diferentes áreas de cultivo del olivo.

La edad de la hoja también ejerce una importante influencia sobre la germinación de las conidias de *F. oleagineum*. Así, el porcentaje de germinación decrece progresivamente con el incremento de la edad de la hoja del 58 al 35% en hojas de 2 y 20 semanas de edad, respectivamente [56], quizás ocasionado por diferencias en el nivel de ceras u otras sustancias químicas presentes en la epicutícula [59]. El mayor porcentaje de germinación observado en hojas más jóvenes puede explicar en parte los mayores niveles de infección en este tipo de hojas observado en condiciones de campo [59, 60].

Como consecuencia de lo anterior, veranos cálidos, secos y períodos sin lluvia actúan como factores limitantes del desarrollo del Repilo, aunque el resto de las condiciones ambientales sean favorables. Normalmente hay uno o dos períodos principales de infección: el más frecuente es durante el otoño y el invierno en áreas de verano seco e invierno suave, o en primavera y principio de verano en áreas de inviernos más fríos [61]. En ambientes mediterráneos, y sobre hojas infectadas, existen conidias viables disponibles para la dispersión durante todo el año, con máximos en los períodos octubre-noviembre y marzo-abril y un escaso número en el período junio-septiembre [57]. En Nueva Zelanda la infección por *F. oleagineum* ocurre durante el otoño hasta comienzos de primavera, estando en estado inactivo durante el período cálido y seco del verano [62].

En las condiciones más favorables para la infección, el período de incubación (definido como el tiempo que transcurre desde la infección hasta la aparición de los síntomas de la enfermedad) es de unas 2 semanas, pero si a la infección sigue una estación cálida y seca, o con menor frecuencia fría, puede durar varias semanas o incluso meses. Así, la aparición de lesiones en otoño puede deberse a infecciones que han permanecido latentes desde primavera. Las lesiones formadas en primavera pueden a su vez frenar su desarrollo durante el verano y

luego reactivarse y esporular, es decir extender sus márgenes formando un nuevo anillo, con las primeras lluvias otoñales [61]. En Andalucía se requiere un período lluvioso y temperaturas inferiores a 20°C para la reanudación de la actividad del hongo tras el período estival. La temperatura óptima para la infección se sitúa entre 15 y 20°C, con un mínimo de 12 hr de humectación foliar. La duración del período de incubación, con un mínimo de 1 mes y un máximo de 10 meses, hace que se puedan producir en Andalucía, un máximo de 4 a 5 ciclos secundarios de patogénesis en un año [53].

Las infecciones latentes de Repilo constituyen un estado en el cual las hojas de olivo están infectadas por el hongo pero no muestran síntomas. En dichas hojas el patógeno se desarrolla desde el momento de la infección hasta la esporulación, que determina la coloración oscura de las lesiones visibles. La detección de las infecciones latentes tiene importantes implicaciones epidemiológicas debido principalmente a la duración prolongada de dicha latencia, que puede llegar a superar hasta los 10 meses [61]. El método más extendido y eficaz para la detección de lesiones latentes se conoce como método de la "sosa" y se basa en la oxidación de los compuestos fenólicos que se acumulan en las zonas afectadas como respuesta a la infección por el patógeno, mediante su reacción con una solución fuertemente básica y fue desarrollado por Loprieno y Tenerini [63]. El método permite detectar las infecciones latentes como manchas circulares o anillos de color oscuro y tamaño variable a partir de los 15-30 días de producirse la infección, tras sumergir las hojas infectadas en una solución caliente (50-60°C) de NaOH al 5% durante 2-3 minutos, o a temperatura ambiente y tiempo de inmersión de 20-30 min [64].

### **8.2.3.3. La Verticilosis del olivo**

#### *Situación actual de la Verticilosis del olivo en Andalucía*

La Verticilosis del olivo, causada por el hongo *Verticillium dahliae*, es una de las enfermedades más amenazadoras para este cultivo en todo el mundo [65]. La Verticilosis del olivo fue descrita por primera vez en Italia en 1946 y más tarde en prácticamente todos los países en los que el cultivo del olivo tiene relevancia, incluyendo Argelia, California, España, Francia, Grecia, Israel, Marruecos, Siria, Túnez y Turquía.

La primera observación de la Verticilosis del olivo en España tuvo lugar en 1975, en plantaciones experimentales de olivar establecidas en el actual IFAPA en Córdoba y poco más tarde se informó acerca de su amplia distribución en las principales provincias olivareras en Andalucía. Así, Blanco-López et al. [66] realizaron inspecciones sistemáticas durante los años 1980-83 y determinaron que cerca del 38% de 122 olivares adultos muestreados en Andalucía (Córdoba, Jaén y Sevilla) estaban afectados por la Verticilosis, con incidencias medias entre 10-90 % de árboles enfermos. Sin embargo, la incidencia real de la enfermedad actualmente es superior a la que ha sido puesta de manifiesto en los estudios anteriormente citados, ya que en los últimos años ha habido un aumento paulatino en la incidencia, gravedad e importancia económica de los ataques de Verticilosis en las nuevas plantaciones establecidas con sistemas de cultivo intensivo en regadío. Durante los últimos 5-10 años la Verticilosis se ha extendido a nuevas zonas olivareras españolas, incluyendo otras provincias andaluzas (ej., Cádiz, Huelva, Granada) y otras Comunidades Autónomas (ej., Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha, Extremadura, Valencia e Islas Baleares), afectando de forma severa fundamentalmente a árboles jóvenes en nuevas plantaciones de regadío [8, 67, 68, 69].

La elevada incidencia y severidad de los ataques detectados en la década de los 80s no originó entonces -ni aparentemente en las fechas inmediatas posteriores- mayor preocupación en el sector oleícola, a pesar de las llamadas de atención por parte de los expertos sobre Verticilosis en relación con la potencial significación de la enfermedad asociada a los cambios tecnológicos que se estaban produciendo para la modernización de la producción oleícola en España (ej., propagación viverista del material de plantación, regadío, intensificación en la densidad de plantas, etc.). Por el contrario, la extensión y gravedad que han alcanzado los ataques de la Verticilosis durante la última década, particularmente en plantaciones jóvenes de olivo en regadío, han creado justificada alarma en el sector oleícola y demanda de conocimientos y tecnologías para el control eficiente de esta enfermedad, y dado lugar a reuniones con representantes de las diversas administraciones y diversos expertos en la materia que hasta el momento no se han materializado en ninguna actuación oficial.

Posiblemente, en la extensión de la Verticilosis del olivo en Andalucía ha jugado un papel relevante la prevalencia de Verticilosis en algodónero, que es causada por el mismo hongo que la Verticilosis del olivo. Un aspecto a destacar es que la incidencia y severidad de la Verticilosis del olivo más elevadas que se observaron durante las primeras inspecciones en Andalucía correspondieron a olivares previamente cultivados o cultivados intercaladamente con algodónero o huéspedes hortícolas [66], y que ambas enfermedades se hayan extendido y agravado en Andalucía desde 1983 [8, 67, 70, 71].

A las circunstancias antes referidas se han unido recientemente dos hechos de particular relevancia en la epidemiología y control de la Verticilosis del olivo. En primer lugar, la prevalencia en Andalucía del patotipo defoliante de *V. dahliae* patogénicamente diferenciado por la capacidad de causar la caída extensa de hojas verdes, asintomáticas, de algodón y olivo (que no se produce en olivos infectados por el patotipo no defoliante) y eventualmente la muerte de la planta infectada [65] (Fig. 5).

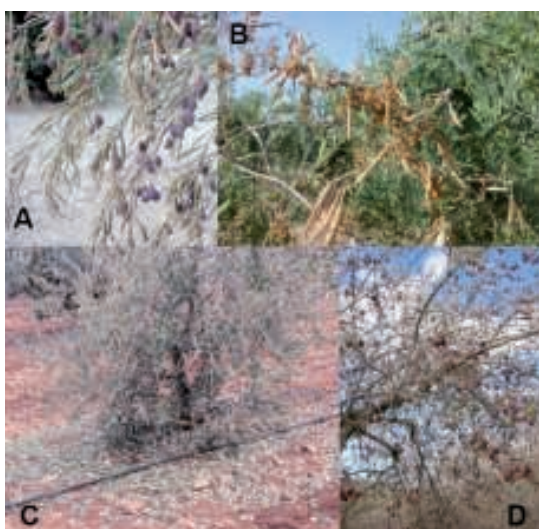


Figura 5. Síntomas de marchitez y defoliación en hojas, flores y aceitunas en olivos adultos infectado por el patotipo no defoliante (A,B) y patotipo defoliante (C,D) de *Verticillium dahliae* (Fotos: B.B. Landa y R.M. Jiménez Díaz).

Este patotipo defoliante de *V. dahliae*, altamente virulento y letal en algodón y olivo, fue descubierto en España en cultivos de algodón en las Marismas del Guadalquivir a principios de los 1980s, y ahora se encuentra extensamente distribuido en áreas olivareras de las provincias de Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, y Sevilla. Un estudio reciente llevado a cabo en nuestro grupo de investigación, que incluyó un total de 637 aislados de *V. dahliae* obtenidos de 433 olivos muestreados aleatoriamente en 65 olivares de Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, y Sevilla, ha revelado que el 78% de dichos aislados son del patotipo defoliante. Más importante aún, todos los aislados muestreados en olivares de las provincias de Jaén (16) y Sevilla (14), y en 20 de 21 olivares muestreados en la de Córdoba, fueron identificados como pertenecientes al patotipo defoliante [72].

#### *Supervivencia y formas de dispersión de Verticillium dahliae*

Como norma general, *V. dahliae* completa su fase parasítica en el xilema de las plantas infectadas, y forma microsclerocios (Fig. 6A) en los tejidos muertos o moribundos de sus huéspedes, especialmente en hojas, ramas y tallos herbáceos [73].

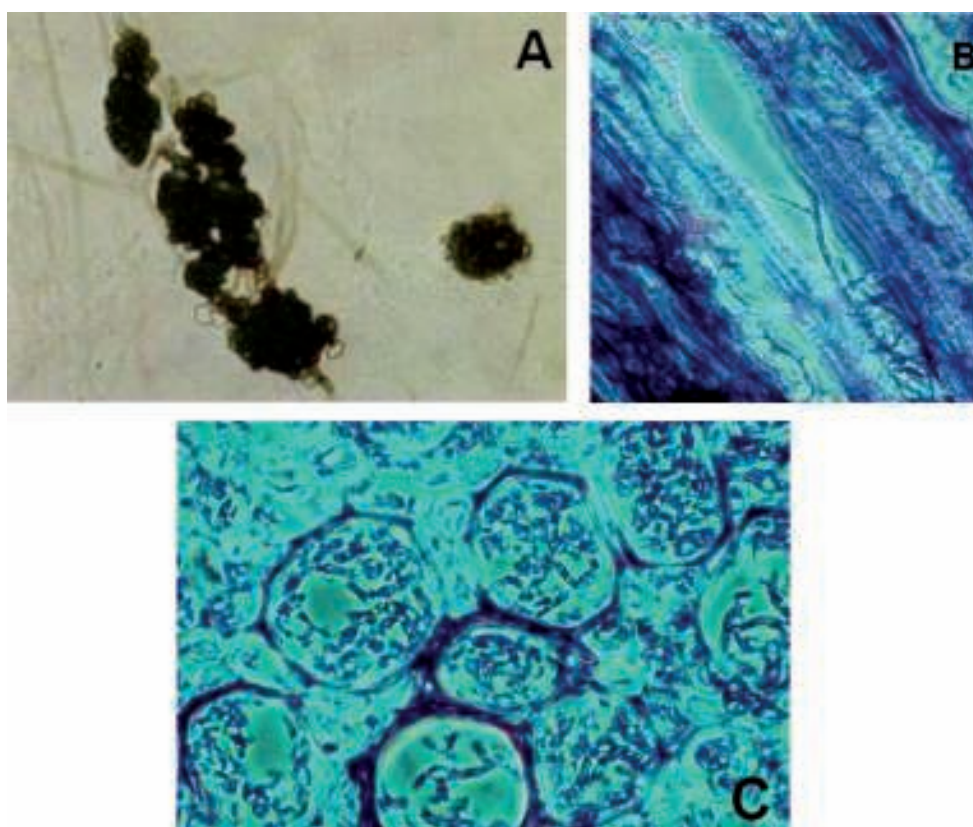


Figura 6. A, Microsclerocios de *Verticillium dahliae*. B, Micelio de *V. dahliae* creciendo en el interior de un vaso de xilema en el tallo de olivo (x 400). C, Vasos xilemáticos ocluidos por crecimiento de *V. dahliae* en su interior *dahliae* (FotoS: R.M. Jiménez Díaz)

Por lo tanto, los tejidos infectados muertos o moribundos desprendidos de las plantas huésped son los que tras la subsiguiente descomposición incorporan el hongo al suelo donde el inóculo estará disponible para causar nuevas infecciones. *V. dahliae* también puede ser incorporado al suelo en el estiércol de animales que se hayan alimentado de restos de plantas enfermas [74]. En diversas investigaciones se ha demostrado que un suelo infestado por microesclerocios de *V. dahliae* mantiene la capacidad de dar lugar a la enfermedad durante más de 10 años, debido a la elevada supervivencia de estas estructuras, y al mismo tiempo también contribuye a que el hongo pueda ser dispersado dentro y entre parcelas con el movimiento del suelo infestado. De hecho, cualquier factor que facilite el movimiento de suelo (aperos, maquinaria, vehículos, agua de riego, viento) [75] y de restos de plantas enfermas (hojas caídas durante el cultivo, restos vegetales de poda o tras la recolección y procedentes de árboles infectados, etc.) dispersa *V. dahliae* a corta distancia [76].

Las hojas todavía verdes de olivos enfermos infectados por el patotipo defoliante y caídas durante la estación de crecimiento de la planta pueden tener un papel fundamental en la extensión del patógeno y desarrollo de la Verticilosis dentro, y posiblemente entre, parcelas [67, 68, 77]. En un estudio reciente, hemos descrito la extensión del ataque por el patotipo defoliante del hongo en una plantación de 'Arbequina' de regadío establecida con plantones certificados de 3 años de edad en un suelo sin historia reciente de cultivos susceptibles a la enfermedad (Fig. 7A) [77].

En un plazo de cerca de 2,5 años, la Verticilosis se extendió de 3 a 106 olivos enfermos, con un máximo de 19 nuevos olivos afectados por mes (Fig. 7B), que presentaron una distribución en focos no aleatoria, directamente relacionada con la presencia previa de árboles infectados por el patotipo defoliante en las proximidades (Fig. 7C).

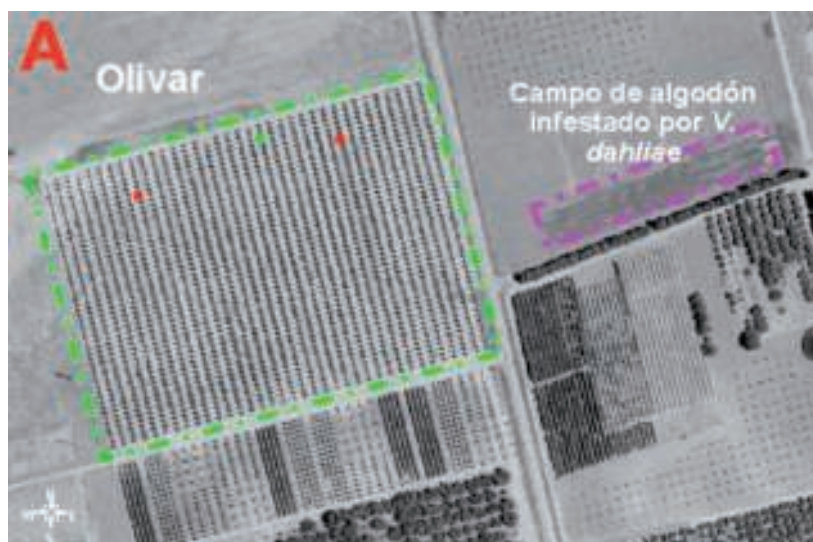


Figura 7. Dinámica espacio-temporal de epidemias de Verticilosis del olivo durante 4 años consecutivos en una parcela de olivo 'Arbequina' situada en la finca Alameda del Obispo del IFAPA en Córdoba. A, Fotografía aérea con indicación de los tres primeros árboles afectados de Verticilosis en noviembre de 1999. Los símbolos rojo y verde indican la infección del árbol correspondiente por los patotipos Defoliante y no defoliante, respectivamente.



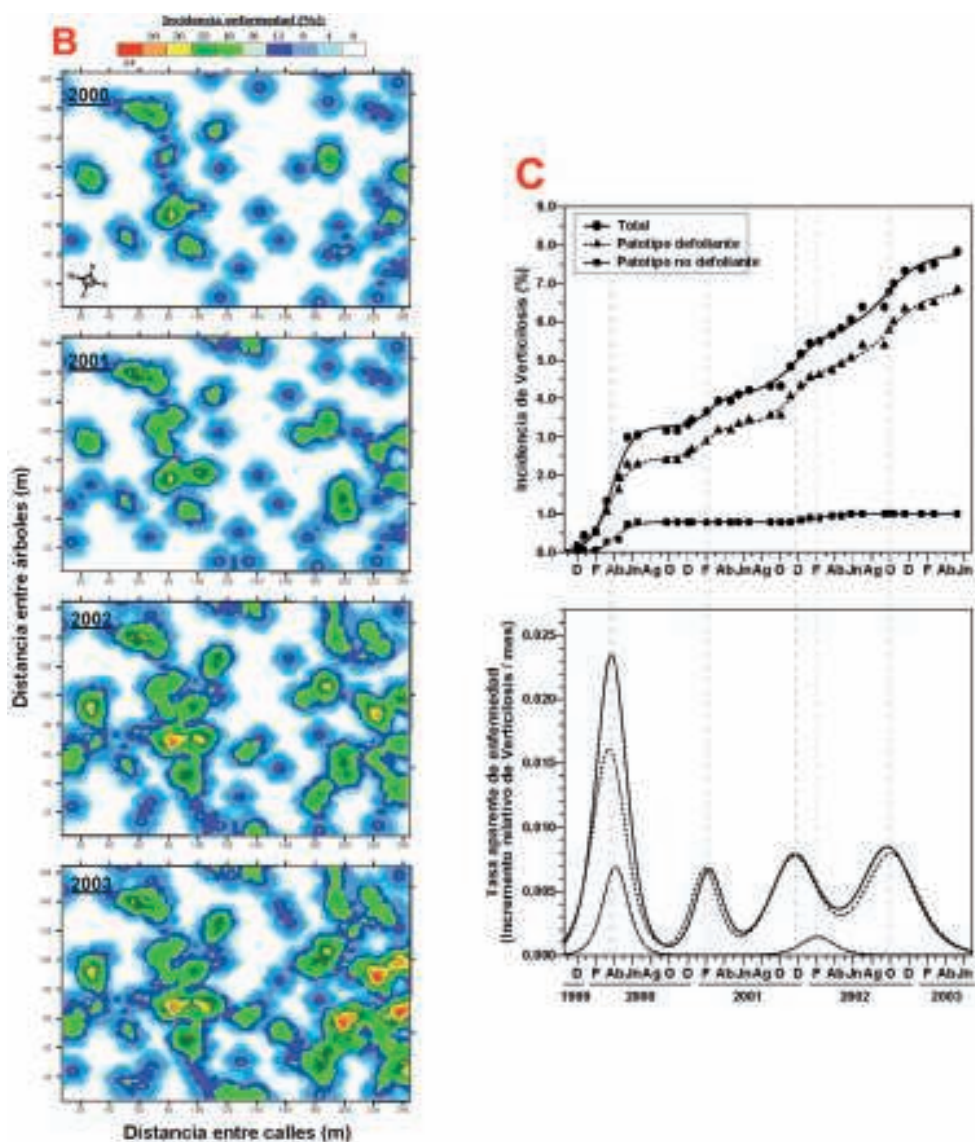


Figura 7. Dinámica espacio-temporal de epidemias de Verticilosis del olivo durante 4 años consecutivos en una parcela de olivo 'Arbequina' situada en la finca Alameda del Obispo del IFAPA en Córdoba. B, Progreso temporal de la Verticilosis ajustada a un modelo logístico de sigmoide múltiple. Panel superior. Curvas de progreso de enfermedad observada (símbolos) y estimados por el modelo (líneas). Panel inferior. Tasa aparente de enfermedad estimada por el modelo (Navas-Cortés et al. 2008). C, Mapas de distribución espacial de incidencia de Verticilosis en la primavera de los años 2000, 2001, 2002 y 2003. Los ejes indican la distancia en metros entre árboles con el eje de ordenadas y en la dirección de las calles (Navas-Cortés et al. 2008).

El aumento rápido y progresivo de la Verticilosis en la parcela no puede ser explicado por la cantidad residual del hongo que pudiera existir en el suelo antes de la plantación, sino que es sugerido por la dispersión en aquélla de las hojas caídas con la defoliación de los olivos enfermos (Fig. 8) y por nuevas infecciones causadas a partir del hongo contenido en sus tejidos. Así, se demostró que los olivos enfermos en la plantación referida aportaron un promedio de 4.000 hojas/olivo al suelo (durante un periodo de 8 meses entre otoño y primavera), de las cuales más del 67% contenía *V. dahliae* viable y capaz de causar infección en plántones de olivo cuando se incorporaron troceadas al suelo. Además, en dichas hojas se formaron microesclerocios del hongo en condiciones de humedad elevada [76, 78].



Figura 8. A, Coloración castaño-oscuro de los haces xilemáticos del tronco principal de olivo debido a la infección vascular por el patotipo defoliante de *Verticillium dahliae*. B, Marchitez y muerte de parte de la copa de un olivar debido a la infección vascular sectorial por *V. dahliae*. (Fotos: B.B. Landa).

En la dispersión de *V. dahliae* a olivares a grandes distancias y a zonas libres del patógeno desempeñan un papel fundamental el transporte de cosechas y restos de cultivos afectados, en particular de algodón, así como de material de plantación infectado. En el caso de la Verticilosis en Andalucía, nuestras observaciones sugieren que el transporte de cosechas de algodón de cultivos en Las Marismas del Guadalquivir para su procesado en zonas interiores del Valle, ha facilitado la dispersión del patotipo defoliante del patógeno desde Las Marismas, donde fue identificado por vez primera en España [67], hasta la provincia de Córdoba [68] y el subsiguiente establecimiento de dicho patotipo en cultivos de algodón y olivo en Córdoba y Jaén.

Un aspecto importante a destacar concierne a la nueva tendencia de establecer cubiertas inertes basadas en material de poda de olivo troceado (Fig. 9), ya que se ha demostrado que *V. dahliae* puede sobrevivir y mantener su potencial infectivo prolongadamente en los restos de poda de olivos infectados, y por tanto, dichos restos pueden representar un medio eficiente de dispersión del inóculo del patógeno en campos de olivar [79].



**Figura 9.** A, Cubierta parcial de suelos de olivar en bandas utilizando restos de poda picados. B, Detalle de restos picados en los que se aprecia la gran cantidad de hojas y brotes. (Fotos: B.B. Landa).

La distribución y utilización de plantones infectados para establecer nuevos olivares juega un papel fundamental en la dispersión de *V. dahliae* a grandes distancias, y puede estar relacionada con la aparición de Verticilosis del olivo en nuevas plantaciones realizadas en suelos no agrícolas o donde no consta el cultivo anterior de plantas susceptibles a la enfermedad, que se ha producido en diversas zonas españolas (Aragón y Castilla-La Mancha).

#### *Infección de la planta, síntomas y desarrollo de la enfermedad*

La germinación de los microesclerocios de *V. dahliae* en el suelo es estimulada por exudados radicales de plantas susceptibles o no susceptibles, y da lugar a la formación de hifas (filamentos microscópicos) que penetran las raíces de la planta y crecen en sus tejidos hasta alcanzar los vasos xilemáticos en apenas 1 semana (Fig. 6B,C) [80].

La producción de heridas en el sistema radical del olivo favorece la invasión de la planta [81], de manera que el laboreo con cultivadores de cuchillas o discos aumenta la incidencia de Verticilosis en las plantaciones [82, 83]. Una vez alcanzados los vasos xilemáticos, el hongo se extiende a lo largo del eje de la planta mediante crecimiento hifal, así como por esporas transportadas por la corriente transpiratoria que facilitan el posterior y extenso crecimiento fúngico en el xilema aéreo (Fig.6B) que precede al desarrollo de los síntomas de la Verticilosis [81]. El crecimiento preferente del hongo en los vasos xilemáticos invadidos, que adquieren una coloración castaño-oscura (Fig.8A), y la pronunciada sectorialización vascular del olivo, con conexión directa entre haces vasculares de las raíces y los brotes, hace que los síntomas se puedan presentar distribuidos sectorialmente en la copa del árbol y que presumiblemente la extensión de aquéllos corresponda al número de raíces de la planta infectadas [65] (Fig.8B).

En condiciones naturales, el desarrollo de los primeros síntomas de Verticilosis en olivares de regadío tiene lugar entre el 1º y 2º año después de la plantación, si bien dicho periodo es influido tanto por la densidad de microesclerocios/g suelo y el patotipo de *V. dahliae* que existan en éste, como por la susceptibilidad del cultivar de olivo que se plante, entre otros

factores [77, 84, 85]. Además, el desarrollo de la Verticilosis tiene carácter estacional en el año de crecimiento del olivo, de manera que la severidad e incidencia de los síntomas aumentan durante finales de otoño-invierno y primavera y disminuyen durante el periodo estival-otoñal [77].

#### *Recuperación natural de la planta enferma*

Uno de los aspectos más intrigantes de la Verticilosis del olivo, que también ocurre en otras plantas leñosas, es la disminución progresiva de la cantidad de enfermedad y eventual recuperación de la planta de los síntomas de Verticilosis en el transcurso de los años después del ataque inicial de la enfermedad [65]. El fenómeno de reducción natural de los síntomas de Verticilosis en olivares afectados fue descrito primero por Wilhelm y Taylor [86], y más tarde observado por Blanco López et al. [87] y Levin et al. [84]. La reducción en la proporción de plantas enfermas puede tener lugar tanto en árboles que muestran síntomas por vez primera en un año (i.e., reducción de nuevas infecciones según las plantas envejecen) como en árboles que han estado afectados en el año(s) anterior(es). La reducción de síntomas en las partes aéreas de la planta va unida normalmente a la dificultad o imposibilidad de recuperar cultivos del hongo de ramas afectadas en medios microbiológicos, aún demostrando la presencia del ADN fúngico en el tallo, y demostrando la presencia del hongo viable en el sistema radical de la planta afectada [76].

La interpretación fitopatológica de los hechos referidos es que la recuperación sintomatológica de los olivos afectados de Verticilosis va asociada con la inactivación de *V. dahliae* en sus tejidos, de manera que son necesarias nuevas infecciones a través del sistema radical de la planta antes afectada para que la enfermedad se desarrolle de nuevo, lo cual ofrece oportunidades para su control. No obstante, el fenómeno de la recuperación del olivo de los síntomas de Verticilosis puede ser muy influido por factores críticos para el desarrollo de la enfermedad (ej., la susceptibilidad de la variedad de olivo, las condiciones ambientales, y la virulencia del patotipo que causa la infección, etc.). Los mecanismos que determinan el fenómeno de recuperación sintomatológica e inactivación del patógeno en los tejidos de la planta son aún desconocidos. Presumiblemente, dicha capacidad resulta de la compartimentalización del hongo en el xilema infectado mediante tejidos cicatriciales o por xilema secundario producido por el cambium vascular, unido a la limitada capacidad de crecimiento radial de *V. dahliae* en el xilema infectado [81].

#### *Gama de plantas huésped de Verticillium dahliae*

La Verticilosis causada por *V. dahliae* afecta a más de 400 especies vegetales en regiones de clima templado, principalmente dicotiledóneas herbáceas y leñosas, muchas de ellas cultivadas, y numerosas malas hierbas [73]. Además, *V. dahliae* se ha aislado de 55 géneros de plantas arvenses sintomáticas o asintomáticas, que pueden actuar como reservorios del patógeno [65, 73]. Como plantas huésped de *V. dahliae* de indudable interés económico en la agricultura Andaluza podemos citar los frutales de hueso (albaricoquero, almendro, melocotonero, nectarina) y pepita (manzano, peral), aguacate, olivo, pistacho, fresa, vid; cultivos industriales como algodón y girasol; cultivos hortícolas como alcachofa, berenjena, lechuga, melón, patata, pimiento, sandía y tomate entre otros; legumbres como guisante, haba, garbanzo y lenteja; crucíferas como colza, brócoli, col, coliflor; y muchas plantas ornamentales (ej., clavel, rosal) y árboles y arbustos ornamentales (ej., arce, catalpa).

Por otro lado, se ha encontrado que 14 especies de malas hierbas de olivar pertenecientes a las familias *Amaranthaceae*, *Compositaceae*, *Gramineae*, *Cruciferae*, *Geraniaceae*, *Malvaceae* y *Solanaceae* destacando *Xanthium* spp., estaban infectadas sistémicamente por el patógeno, de las cuales nueve carecían de síntomas de enfermedad [88]. Este hecho también ha sido observado por otros autores, que encontraron que muchas malas hierbas huéspedes comunes de *V. dahliae* varían además en susceptibilidad al patógeno, desde aquéllas que muestran claros síntomas morfológicos de enfermedad, a otras que actúan como portadores asintomáticos del patógeno (ej., *Amaranthus retroflexus*, *Aster squamatus*, *Avena sterilis*, *Xanthium strumarium*, *Echallium elaterium*, *Lavatera* spp., *Malva* spp.) [89, 90]. Ibrahim [91] demostró además que existe una amplia variabilidad en la reacción a *V. dahliae* entre especies de una misma familia, como es el caso de *Lavatera* spp. y *Malva* spp., todas ellas de la familia *Malvaceae*, y de *A. squamatus* y *Xanthium strumarium*, ambas de la familia *Compositae*. En cualquier caso, las malas hierbas tienen un papel epidemiológico considerable porque pueden actuar como reservorio de inóculo, manteniendo e incluso aumentando el nivel de inóculo en el suelo, y contribuir a dispersar al patógeno a campos adyacentes libres o no de *V. dahliae*.

Además, *V. dahliae* puede colonizar las raíces de plantas monocotiledóneas ampliamente cultivadas en Andalucía como avena, cebada, cebolla, y trigo y formar microesclerocios en las mismas aún permaneciendo asintomáticas, lo que sugiere que las monocotiledóneas también pueden jugar un papel importante en el mantenimiento del hongo en el suelo en ausencia de cultivos susceptibles.

Un aspecto a destacar es que muchas de las plantas huéspedes anteriormente citadas se están utilizando como cubiertas vegetales vivas en el centro de las calles de olivares para contribuir a reducir las pérdidas de suelo causadas por la erosión y a mejorar la calidad de la producción obtenida. Sin embargo, se ha demostrado que algunas de las especies utilizadas en estas cubiertas incluyendo gramíneas espontáneas (*Bromus diandrus*, *B. madritensis*, *B. rubens* y *Hordeum murinum*) y crucíferas cultivadas y silvestres (*Brassica carinata* (col de Etiopía), *B. rapa* spp. *rapa* (nabo forrajero), *Eruca vesicaria*, *Moricandia moricandioides*, *Raphanus sativus* (rábano) y *Sinapis alba*) pueden presentar cierto nivel de susceptibilidad a la Verticilosis o actuar como huéspedes asintomáticos favoreciendo el mantenimiento y multiplicación de las poblaciones de *V. dahliae* en plantaciones de olivar [92].

### 8.3. Situación actual y perspectivas del control de enfermedades en la Unión Europea y España

Un aspecto importante a destacar cuando en la legislación vigente europea, nacional y regional, y sus diversas propuestas de actuación, se hace mención expresa a la protección de cultivos, es que en la mayoría de los casos no se diferencia entre plagas y enfermedades. Además, para referirse al control de plagas y enfermedades se generaliza con el uso de plaguicidas para referirse a los productos químicos autorizados para su control. Generalización que es del todo inapropiada debido a que tanto los fenómenos concernidos como las disciplinas que los estudian (Entomología y Fitopatología, respectivamente) presentan características

propias e independientes, y de la misma forma que no se puede generalizar sobre el procedimiento para el control de todas las plagas o enfermedades de un cultivo, menos aún se debería hacer para ambos tipos de factores reductores de la producción agraria.

El uso sostenible los productos fitosanitarios es uno de los principales retos que se ha marcado la Unión Europea (UE) en materia agrícola para los próximos años, tal y como queda plasmado en la *“Estrategia Temática para el Uso Sostenible de los Plaguicidas”*, publicada por la Comisión Europea en julio de 2006. Con esta Estrategia Temática, la UE aplica un conjunto de medidas encaminadas a reducir los riesgos para el medio ambiente y la salud humana vinculados a la utilización de plaguicidas y, de manera más general, a lograr un empleo más sostenible y una sustancial reducción global de los riesgos y utilización de éstos, sin pérdida de rendimiento para los usuarios profesionales. Las medidas propuestas tienen por objeto la intensificación de la vigilancia y la investigación sobre los plaguicidas, la formación e información de los usuarios, y medidas específicas de utilización de dichas sustancias. Para alcanzar los objetivos que se han marcado en dicha Estrategia Temática, la UE ha llevado a cabo recientemente una importante modificación de las normas que regulan tanto la comercialización de los productos fitosanitarios como su uso. El marco normativo que encuadra esta sostenibilidad es la *Directiva de Uso Sostenible de los Plaguicidas*, cuyo objetivo es reducir los riesgos y efectos del uso de los plaguicidas sobre la salud humana y el medio ambiente, así como el fomento de la Gestión Integrada de Plagas -y por ende de enfermedades- y de prácticas y técnicas de tratamiento fitosanitario más seguras. El elemento central de esta directiva lo constituyen los *Planes Nacionales de Acción*, que deberán recoger de manera integrada las medidas relativas a la sostenibilidad adoptadas por cada país, entre las cuales destaca la obligación de producir siguiendo los principios de la Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades a partir de 2014.

Hasta hace unas fechas, el marco legislativo que ha regido la autorización y comercialización para los productos fitosanitarios en la Unión Europea (UE), y que establece un mercado europeo común para ellos basado principalmente en el uso seguro de estos productos, ha sido la Directiva 91/414/CEE. En esta Directiva se especificaban los requisitos que debían cumplir los productos fitosanitarios para su comercialización en los Estados miembros, marcando estándares muy elevados en cuanto a salud pública y animal y seguridad medioambiental basados en evaluaciones de riesgo. Sin embargo, la Directiva 91/414/CEE ha sido revisada y reemplazada recientemente por dos nuevos Reglamentos sobre la autorización y comercialización de los productos y una nueva Directiva respecto del empleo sostenible de éstos. Una de las propuestas que más controversia ha creado en esta modificación ha sido la de dividir la UE en tres zonas (Norte, Centro y Sur), asumiendo que las condiciones agroclimáticas son comparables en los países pertenecientes a la misma zona. Esta división intenta reemplazar el actual sistema de reconocimiento mutuo descrito en el Artículo 10 de la Directiva 91/414/EEC por un sistema obligatorio de reconocimiento mutuo zonal. De esta forma se puede distribuir el trabajo entre los países pertenecientes a cada zona evitando la duplicación del trabajo, y de esta forma reducir la carga administrativa de la industria y de los Estados miembros, garantizando una disponibilidad más armonizada de los productos fitosanitarios. Esto permitiría facilitar un reconocimiento mutuo de las autorizaciones de los productos fitosanitarios con lo que se agilizaría el proceso de toma de decisiones.

En la actualidad desde la UE a través de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas (<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28178.htm>). En dicha propuesta, concretamente en el Capítulo IV "Prácticas y usos específicos" y en su Artículo 13, se especifica algunos procedimientos para la *Gestión integrada de "plagas"*, entre los que merecen destacarse aplicándolos de forma específica a las enfermedades:

- Los Estados miembros adoptarán todas las medidas necesarias para fomentar la agricultura con un uso reducido de pesticidas, incluida la gestión integrada de enfermedades, y velar por que los usuarios profesionales hagan un uso de todas las medidas disponibles de protección de los cultivos, fundamentalmente las más respetuosas del medio ambiente. Se dará prioridad a las alternativas de poco riesgo siempre que sea posible, y, en caso contrario, a aquellos productos que tengan un impacto mínimo sobre la salud humana y el medio ambiente, de entre todos los disponibles para tratar un mismo problema de enfermedades.
- Los Estados miembros establecerán o fomentarán el establecimiento de todas las condiciones necesarias para la aplicación de la gestión integrada de enfermedades, y velarán por que los agricultores dispongan de sistemas, incluida la formación, e instrumentos de supervisión de las enfermedades y de toma de decisiones al respecto, así como de servicios de asesoría sobre la gestión integrada de éstas. Además, establecerán todos los incentivos necesarios para animar a los agricultores a aplicar las normas específicas de gestión integrada de enfermedades para determinados cultivos.

En España, el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios limita el uso de cada producto fitosanitario solo a determinados cultivos y enfermedades sobre los que se han realizado los estudios pertinentes, que garantizan que su aplicación (siguiendo las instrucciones de uso expuestas en la etiqueta de cada producto) minimiza los riesgos y garantizando su eficacia. No obstante, en la práctica, el alto coste que supone para algunas empresas el realizar los ensayos apropiados en cada cultivo determina que muchos productos para el control de enfermedades solo se autoricen para aquellos que son más rentables.

Por otro lado, la Comunidad Autónoma de Andalucía, que tiene competencia exclusiva en materia de agricultura y ganadería, mediante la ORDEN de 15 de abril de 2008 ha aprobado el Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar (BOJA 83, 25 Abril de 2008). En dicho reglamento se indica que para el control de enfermedades, siempre que sea posible, los métodos biológicos, biotecnológicos, culturales, físicos y genéticos se antepondrán a los métodos químicos. Si bien en la práctica, el Reglamento en relación con el control de enfermedades se centra fundamentalmente en qué productos químicos están autorizados para ser aplicados contra qué patógenos.

Finalmente la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía puso en marcha en el 2006 una campaña de difusión del "Decálogo verde del olivar", un manual dirigido al sector con el fin de promover el empleo de prácticas agrícolas adecuadas y respetuosas con el medio ambiente. Con ello, se pretende garantizar el futuro del sector, que pasa por el impulso de una producción sostenible y de calidad en olivar. Entre las diez medidas que contiene el tríptico

se encuentran algunas de repercusión directa sobre el control de enfermedades, como son el mantenimiento de la vegetación, eliminación de malas hierbas, tratamientos fitosanitarios, y cuaderno de campo. En relación con el último punto, desde el mes de mayo de 2007 todos los agricultores españoles están obligados (por normativa española derivada de una directiva de la UE) a cumplimentar en un *cuaderno de campo* de cada explotación, el registro detallado de todas las aplicaciones fitosanitarias que realicen para combatir las plagas, enfermedades y malas hierbas, lo cual sin duda repercutirá en un control de plagas y enfermedades más riguroso y respetuoso con el medioambiente.

## 8.4. El control de enfermedades en olivar

### 8.4.1. Principios de control de enfermedades

Como se indicó con anterioridad, la Fitopatología en el contexto de la Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas tiene como objetivo general el conferir estabilidad a dichos sistemas, minimizando el componente de incertidumbre que suponen las enfermedades, y al mismo tiempo facilitar que los cultivos rindan según su potencial genético, dentro de las limitaciones impuestas por el medioambiente físico donde estos se desarrollan (Fig. 1).

Además de disminuir los rendimientos de los cultivos, las enfermedades, y en particular las causadas por patógenos del suelo, contribuyen a reducir la absorción de agua y nutrientes por la planta. Por tanto, el desarrollo de cultivos sanos facilita el uso más eficiente de los fertilizantes y reservas de agua en el suelo, la competencia con malas hierbas, y la incorporación de mayor materia orgánica al suelo. En términos generales las grandes ventajas de promover el control de enfermedades y por tanto la Sanidad de los Cultivos en el contexto de la Sostenibilidad Agrícola es que esto puede significar menos residuos de fertilizantes (especialmente  $\text{NO}_3^-$ ) en el suelo, menos dependencia de herbicidas para combatir las malas hierbas, y mejor estructura del suelo y reciclado de los nutrientes [1].

Uno de los aspectos más importantes del papel de la Fitopatología en la Sostenibilidad agrícola se refiere a las medidas utilizables para el control de enfermedades, fundamentalmente debido a que las nuevas políticas europeas y la sociedad actual promueven disminuir la dependencia o el uso de productos fitosanitarios (Ver apartado 4). Por tanto, el reto actual de la Fitopatología será el promover o desarrollar estrategias no-químicas para el control de enfermedades, o disminuir la dependencia del uso de los pesticidas para tal fin, sin que se vea afectada la producción de alimentos y la viabilidad económica de las explotaciones agrícolas [1].

Las principales *estrategias de control* de enfermedades en sistemas agrícolas sostenibles aplicables al control de enfermedades en olivar se deberían basar en: I) la eliminación del patógeno, II) el escape a la infección, III) el desarrollo o utilización de cultivares resistentes al patógeno, y IV) la protección de los plantones a la infección. La implantación de dichas estrategias mediante *medidas de control* incluiría: I) La utilización de suelos libres o que



contengan un contenido mínimo de patógenos, II) utilización de material vegetal de plantación certificado libre de inóculo de patógenos, III) utilización de microorganismos antagonistas o agentes de control biológico de los patógenos, IV) modificación de prácticas culturales que disminuyan o eviten el desarrollo de la enfermedad, V) utilización de cultivos resistentes, y VI) utilización de compuestos químicos de baja toxicidad y persistencia cuyo uso esté aprobado en el registro de productos fitosanitarios, que complementen las insuficiencias que puedan presentar las medidas de control anteriores.

#### 8.4.2. Recomendaciones para el control de enfermedades del olivo

En el Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar (BOJA 83, 25 Abril de 2008) se recogen algunos valores umbrales de estimación del riesgo para proceder a aplicar medidas de control cuando éstas están disponibles, y que fundamentalmente son productos fungicidas cuando éstos están aprobados para su uso en producción integrada o medidas culturales. Las enfermedades recogidas en dicho reglamento incluyen: Repilo (*F. oleagineum*), Repilo plumizo (*M. cladosporioides*), Escudete (*C. dalmaticum*), Aceituna jabonosa (*Colletotrichum* spp.), Lepra (*Ph. vagabunda*), Podredumbres de la aceituna (*Fusarium moniliforme*, *Cladosporium herbarum*, *Geotrichum* sp.), Verticilosis (*V. dahliae*), Tuberculosis (*P. savastanoi* pv. *savastanoi*), Negrilla (*Capnodium* sp., *Limacinula* sp., *Aureobasidium* sp.), y nematodos noduladores (*Meloidogyne* spp.).

Una de las principales estrategias para el control de enfermedades en olivar es la que se basa en una medida preventiva como es la utilización de material vegetal libre del patógeno. Para el establecimiento de nuevas plantaciones es recomendable un estricto control del material vegetal, particularmente debido al incremento en el número de éstas, el cambio notable en las tecnologías de producción y el creciente intercambio de material vegetal de olivo en los últimos años entre distintas zonas españolas y diversos países. Es por tanto que las diversas administraciones deberían hacer un esfuerzo para regular y legislar la producción de planta certificada, así como sancionar aquellos productores que no cumplan las medidas mínimas recogidas en la legislación vigente. Tal es la importancia de esta medida de control que la EPP0, a través de su Panel de Certificación de Frutales, ha producido una guía y normativa para la producción de material vegetal (patrones, plantones, variedades y plantas ya injertadas) libres de patógenos [93].

En España, según el reglamento técnico de control y certificación de plantas de olivo vigente (que se rige por el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de frutales, Real decreto 929/1995 de 9 de junio de 1995), las plantas madre del material inicial de propagación serán inspeccionadas oficialmente para comprobar que se encuentran libres de los siguientes patógenos: *V. dahliae*, *P. savastanoi* pv. *savastanoi*, nematodos *Meloidogyne* spp., y todos los virus. En la guía publicada por la EPP0 [93] se indican los siguientes virus el cucumovirus CMV, los nepovirus ArMV y CLRV, el sadwavirus SLRSV, y el closterovirus OLYaV; mientras que no aparecen recogidos los otros ocho virus más descritos en olivo.

#### 8.4.2.1. Control de la Tuberculosis

El control de la Tuberculosis del olivo debe ser esencialmente preventivo, ya que la erradicación de la bacteria causal una vez que la enfermedad se ha establecido es dificultada por la escasa eficacia de los métodos curativos, lo que aconseja una estrategia de lucha integrada contra esta enfermedad [94].

Al igual que para el resto de enfermedades de olivo, la medida más eficaz para el control de la Tuberculosis es la utilización de variedades resistentes o con escaso nivel de susceptibilidad. Diversos estudios indican no obstante que la resistencia a la Tuberculosis no es frecuente entre las variedades de olivo, si bien existen diferencias importantes en el nivel de susceptibilidad [95] (Tabla 2).

**Tabla 2. Reacción <sup>a</sup> de variedades de olivo a las principales enfermedades que afectan al cultivo descritas en Andalucía <sup>b</sup>**

Variedad	Enfermedad <sup>c</sup>					
	Verticilosis		"Repilos"			Tuberculosis
	ND	D	Repilo	Emplomado	Antracnosis	
Alameño de Marchena						
Arbequina						
Arbosana						
Blanqueta						
Canetera						
Chemlali						
Cipressino						
Cobrançosa						
Cornicabra						
Empeltre						
Farga						
Frantoio						
Gordal Sevillana						
Hendeño						
Hojiblanca						
Koroneiki						
Leccino						
Lechín de Granada						
Lechín de Sevilla						
Lemeño						
Manzanilla de Hellín						

Continúa Tabla 2.

Variedad	Verticilosis		"Repilos"			Tuberculosis
	ND	D	Repilo	Emplomado	Antracnosis	
Manzanilla del Piquito						
Manzanilla de Sevilla						
Megaritiki						
Meski						
Moraicolo						
Morisca						
Morrut						
Nabali (Rasl'i)						
Negral (Loaime)						
Negrinha						
Nevadillo Negro de Jaén						
Oblonga (Frantolo)						
Ocal						
Pajarero						
Perillo de Jaén						
Picual						
Picudo						
Racimal de Jaén						
Razzola						
Rechino						
Temprano						
Sevillenca						
Valanolia						
Varudo						
Verdial de Alcaudete						
Verdial de Badajoz						
Verdial de Huelva						
Verdial de Vélez-Málaga						
Villalonga						
Wardan						

<sup>a</sup> Tipo de reacción: Verde: Resistente, Amarillo: Moderada, Naranja: Susceptible.

<sup>b</sup> Fuentes: Blanco-López y López-Escudero, 2005; López-Escudero et al., 2004; Peñalver et al., 1998; Peñalver et al., 2005; Trapero y López-Doncel, 2005; Trapero Casas y Roca, 2004.

<sup>c</sup> Agentes causales: Verticilosis: *Verticillium dahliae* patotipos Defoliante (D) y No defoliante (ND); Repilo: *Fusicladium oleagineum*; Emplomado: *Mycocentrospora cladosporioides*; Antracnosis: *Colletotrichum gloeosporioides*; Tuberculosis: *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*.

En un exhaustivo estudio llevado a cabo con una colección de 29 variedades de olivo de distinto origen procedentes principalmente del Banco Mundial de Germoplasma del IFAPA – Alameda del Obispo de Córdoba, Peñalver et al. [24] encontraron que ninguna de ellas presentó

resistencia completa al patógeno pero identificaron diversas variedades con niveles aceptables de resistencia parcial, incluso frente cepas de la bacteria altamente virulentas.

En este sentido hay que considerar la posible variabilidad en la virulencia observada en *P. savastanoi* pv. *savastanoi* [96]. En España, García et al. [97] encontraron altos niveles de virulencia en la mayoría (17 de 21) de las cepas de *P. savastanoi* pv. *savastanoi* de distinto origen evaluadas, mientras que sólo dos mostraron una virulencia media o baja. Por otro lado, es importante considerar, en particular en las nuevas plantaciones, la influencia que la edad de la planta tiene en la susceptibilidad a la Tuberculosis. Así, en inoculaciones artificiales de plantas de siete variedades de olivo de 1 a 3 años de edad, las plantas más jóvenes fueron las que presentaron un porcentaje de tumores mayor [95].

Como se ha indicado anteriormente, el reglamento técnico de control y certificación de plantas de olivo vigente en España requiere que las plantas madre del material inicial sean inspeccionadas oficialmente para garantizar que se encuentran libres de los varios patógenos: *V. dahliae*, *P. savastanoi* pv. *savastanoi* y los virus del mosaico del pepino (CMV), del mosaico del arabis (ArMV), del enrollado de la hoja del cerezo (CLRV) y el virus latente de las manchas de la fresa (SLRSV). Para la producción de material vegetal certificado, y comprobar que las plantas madres están libres de *P. savastanoi* pv. *savastanoi*, se han desarrollado métodos basados en técnicas moleculares sensibles y específicas para su diagnóstico y detección individual [98, 99], así como para la detección conjunta de *P. savastanoi* pv. *savastanoi* y *V. dahliae* [100].

En plantaciones establecidas, las medidas de control deben ir dirigidas a disminuir la fuente de inóculo del patógeno [15]. Para ello, se recomienda la retirada y destrucción de los órganos de la planta dañados cortando las ramas afectadas; evitar las heridas de poda con una poda precoz y equilibrada que debería ir combinada con la aplicación de "Mastic" en las heridas; y finalmente la retirada y destrucción de los restos de poda. Dichas acciones deberían realizarse preferentemente en períodos secos dada la alta dependencia que tiene el patógeno de la disponibilidad de agua libre sobre el tejido vegetal para completar con éxito la infección [15]. En todas estas operaciones se debe tener especial cuidado para no transportar el patógeno con las operaciones habituales del cultivo y herramientas de trabajo. Para ello, se recomienda desinfectar los útiles de trabajo (ej.: aplicando una solución de fosfato trisódico al 10%) antes y después de su uso. Finalmente, un abonado equilibrado que evite el exceso de vigor en las plantas, en particular de abono nitrogenado, puede disminuir la incidencia de tumores [7].

Los tratamientos químicos tienen solo una eficacia parcial. Los productos derivados del cobre son los únicos autorizados en España para el control de la Tuberculosis en olivo [101]. Los ditiocarbamatos que poseen Zinc en su composición, son asimismo efectivos como bactericidas, siendo por tanto de gran interés la utilización de asociaciones organocúpricas con ditiocarbamatos que aporten Zinc, como Zineb o Mancozeb [101]. No obstante, los productos fitosanitarios registrados para el control de *P. savastanoi* pv. *savastanoi* (<http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/registro/menu.asp>) (actualización 22 de octubre de 2008) incluyen solo diversas formulaciones cúpricas: hidróxido cúprico, oxiclouro cuprocálcico, oxiclouro de cobre, óxido cuproso, sulfato cuprocálcico, sulfato de cobre, y sulfato tribásico de cobre.

En España el estudio más completo realizado sobre el efecto de tratamientos químicos frente al control y dinámica poblacional de *P. savastanoi* pv. *savastanoi* es el realizado por Quesada et al. [31]. Estos autores en un ensayo experimental en campo evaluaron el efecto de dos derivados cúpricos, el oxiclورو de cobre 50% y el sulfato cuprocálcico 20% con mancozeb 8% y el inductor de resistencia Bion® en los cultivares Arbequina y Picudo. Los dos tratamientos cúpricos redujeron tanto la proporción total de muestras en las que se aisló *P. savastanoi* pv. *savastanoi* como de sus poblaciones epifitas, así como el número de tumores. El tratamiento con Bion® disminuyó únicamente la proporción de muestras en las que se aisló *P. savastanoi* pv. *savastanoi* y sólo en 'Picudo'. Finalmente, no se observó un efecto de la incidencia de enfermedad ni de los tratamientos de control en los parámetros fisicoquímicos de calidad del aceite de oliva evaluados. En general estos resultados coinciden con los obtenidos en California por Teviotdale y Krueger [102] y sugieren que los tratamientos deben aplicarse en primavera y otoño, o cuando hay riesgo elevado de infecciones tras heladas, granizo u otros accidentes causantes de heridas. Por otro lado, otros estudios apuntan a la utilización de diversos antibióticos para el control de *P. savastanoi* pv. *savastanoi* dada la sensibilidad *in vitro* que diversas cepas presentan a un amplio rango de estos compuestos [103], aunque su eficacia *in planta* aún debe ser contrastada, y en Europa dichos productos no tienen visos de ser autorizados para su uso en campo.

#### 8.4.2.2. Control del Repilo

Dada la importancia que tienen la elevada humedad ambiental y agua libre sobre el desarrollo de la enfermedad, para el control de ella son recomendables aquellas modificaciones ambientales que favorezcan la aireación y reduzcan la condensación, tales como podas selectivas que eviten copas densas o muy cercanas entre sí [104]. También es recomendable una adecuada fertilización, ya que si bien el exceso de nitrógeno aumenta la susceptibilidad al patógeno [105, 106], la deficiencia en potasio tiene el efecto contrario [105].

##### *Uso de variedades resistentes*

En la elección de cultivares para nuevas plantaciones en zonas donde la enfermedad es endémica debe tenerse en cuenta la amplia variación de susceptibilidad a la infección entre diferentes cultivares de olivo [20] siendo recomendable la elección de variedades con cierto nivel de resistencia (Tabla 2). Sin embargo, el predominio de los criterios de calidad y productividad hacen impracticable esta medida en muchos casos [107].

Han sido diversos los esfuerzos tendentes a la caracterización de los niveles de resistencia a Repilo de las diferentes variedades de olivo de las utilizadas en mayor o menor medida en Andalucía. De entre los cultivares españoles evaluados, los que presentan mayores niveles de susceptibilidad son Cornezuelo, Cornicabra, Picual y Lechín de Granada, mientras que Arbequina es moderadamente resistente y Lechín de Sevilla resistente (Tabla 2) [108]. Estas investigaciones han permitido, además, demostrar la existencia de variación patogénica entre poblaciones de *F. oleagineum* procedentes de diferentes comarcas olivareras españolas. Dicha variabilidad podría explicar las diferencias en el comportamiento de algunos cultivares de olivo que son muy susceptibles en su zona de origen, como 'Arbequina' y 'Morrut' en Cataluña; 'Caninese', 'Frantoio' y 'Maraiolo' en Italia; o 'Chetoui' en Túnez, y han resultado resistentes o moderadamente resistentes a las poblaciones del patógeno existentes en Córdoba

donde se llevó a cabo la investigación [37, 108]. Cabe destacar además que algunas de las variedades resistentes a Repilo, presentan también ciertos niveles de resistencia a otras enfermedades; tal es el caso de 'Frantoio' u 'Oblonga' a Verticilosis, 'Arbosana' y 'Farga' a Emplomado y 'Arbosana' y 'Frantoio' a la Aceituna jabonosa [108].

El mecanismo o mecanismos responsables de la resistencia de las variedades de olivo a *F. oleagineum* han sido objeto de diversos estudios pero todavía no son bien conocidos. Entre ellos se han sugerido características estructurales relacionadas con el grosor y composición de la cutícula y, sobre todo, mecanismos bioquímicos relacionados con la formación y acumulación de compuestos fenólicos en la zona de infección, principalmente derivados de la oleuropeína, un componente habitual de las hojas y frutos del olivo [109]. Asimismo, la regulación genética de la resistencia al Repilo es desconocida, aunque existen evidencias que apuntan hacia un gen recesivo [110]. En este sentido, estudios moleculares sobre la interacción *F. oleagineum*/olivo han permitido observar una correlación entre los niveles de resistencia al patógeno y niveles basales de expresión de determinados genes relacionados con respuestas defensivas. Así, cultivares tolerantes mostraron niveles basales de expresión de genes de defensa más elevados que los cultivares susceptibles, de forma que cada cultivar presentó perfiles de expresión génica característicos, tanto antes (niveles basales) como después de la infección por el patógeno. Estos perfiles podrían ser de utilidad para determinar el nivel de susceptibilidad de cultivares de olivo a la infección [43].

#### *Control mediante productos químicos*

La aplicación de fungicidas derivados de cobre es la principal medida de control contra la enfermedad en las distintas regiones productoras [48, 102]. Actualmente, la lista de fungicidas registrados en olivar para el control de Repilo incluye fundamentalmente compuestos cúpricos como hidróxidos, oxiclóruros, óxidos o sulfatos; protectores orgánicos como captan, folpet, mancozeb, maneb, o propineb; y productos sistémicos como difenoconazol, dodina, kresoxim-metil o tebuconazol; así como diversas mezclas de ellos [107, <http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/registro/menu.asp>].

La frecuencia y momento de las aplicaciones varía considerablemente con la persistencia del fungicida, la favorabilidad del ambiente y la susceptibilidad del cultivar [7, 12, 48]. En la región Mediterránea, los fungicidas se suelen aplicar antes del comienzo de los principales períodos de infección, que a menudo coinciden con los principales períodos de crecimiento del árbol, es decir primavera y/o otoño [29]. En California, Teviotdale et al. [102] indican un control efectivo de la enfermedad con una sola aplicación con fungicidas cúpricos al final del otoño, antes de iniciarse el período de lluvias, siempre que los niveles de enfermedad sean bajos. En cambio su eficacia disminuye si la aplicación se realiza una vez iniciadas las infecciones dado el carácter preventivo de dichos tratamientos. Estudios in vitro han demostrado la eficacia de fungicidas sistémicos como carbendazima y kresoxim-metil en la inhibición de la germinación y crecimiento del tubo germinativo de conidias de *F. oleagineum* [111]. Estos fungicidas son más específicos que los fungicidas de contacto, tipo captan o formulados de cobre y pueden tener además un efecto curativo si son aplicados antes de 10 días de la infección [58]. En Israel, Shabi et al. [112] indican que el 89-95% de las hojas de olivos tratados en otoño con una mezcla de difenoconazol y aceite mineral estuvo libre de síntomas de Repilo en la primavera siguiente, mientras que solo el 66-82% de las tratadas con

sulfato de cobre estuvieron libres de enfermedad. Obanor et al., [113] en Nueva Zelanda obtuvieron una reducción efectiva de la severidad de la enfermedad en tratamientos de plantas inoculadas artificialmente en invernadero con diversas materias activas fungicidas de distinta naturaleza con carácter protector y/o sistémico. No obstante, su eficacia dependió del intervalo transcurrido entre las aplicaciones fungicidas y la inoculación con el patógeno. Así todos ellos presentaron un buen nivel de control cuando la aplicación se realiza hasta 3 días antes de la inoculación, disminuyendo o anulando su eficacia si ésta se realiza a los 3 y 7 días tras la inoculación, respectivamente. Entre ellas las más efectivas fueron sulfato de cobre, kresoxim-metil y la mezcla kresoxim-metil con hidróxido de cobre que redujeron la incidencia entre el 74 y 99% al ser aplicados 7 días antes la inoculación o el día posterior a ésta, respectivamente. No obstante, la eficacia de todos ellos, se ve reducida en condiciones de campo, siendo kresoxim-metil e hidroxido de cobre los más efectivos.

Con objeto de optimizar la aplicación de productos fungicidas frente a *F. oleagineum*, Viruega et al. [114] evaluaron comparativamente la aplicación de fungicidas basada en el riesgo de infección y la seguida convencionalmente con tratamientos preestablecidos. Los resultados indicaron niveles de control similares entre ambas estrategias de aplicación, si bien el número de cuatro aplicaciones consecuencia del programa convencional de aplicación en Andalucía (en primavera y final de otoño) se redujo a sólo tres o incluso una en función de la localidad de estudio sin menoscabo del control.

#### **8.4.2.3. Control de la Verticilosis del olivo**

El conocimiento actual que se viene produciendo durante los últimos años mediante investigación científica sobre la naturaleza etiológica y epidemiológica de la Verticilosis del olivo, indica convincentemente que esta enfermedad es de naturaleza compleja (Ver apartado 2.3) lo cual dificulta de forma notable que su control pueda ser alcanzado mediante una única medida. Consecuentemente, la estrategia de control de esta enfermedad se debe basar fundamentalmente en la aplicación de acciones de prevención. Estas acciones de prevención deben ser implementadas fundamentalmente antes de la plantación, en una estrategia de manejo integrado [69, 115], ya que las medidas posplantación son muy limitadas o en algunos casos inexistentes, como se verá a continuación.

##### *8.4.2.3.1. Medidas antes o durante la fase de implantación de la plantación.*

Como ya se ha indicado anteriormente, las medidas de control llevadas a cabo antes del establecimiento de la plantación son de tipo preventivo y pueden ir dirigidas al material vegetal o al lugar donde éste va a ser establecido. En cualquiera de los casos, todas ellas deberían ser llevadas a cabo de forma conjunta puesto que desestimar la aplicación de alguna de ellas supone incrementar la ineficacia de las otras. En consecuencia, basándonos solamente en las características inherentes de la enfermedad, la puesta en práctica de una estrategia de manejo integrado de la Verticilosis del olivo mediante medidas de carácter preventivo previas a la plantación incluiría: i) evitar el uso de suelos infestados por *V. dahliae*, así como la proximidad de la plantación a cultivos herbáceos susceptibles a éste, en particular algodón. Para ello, es de utilidad recabar información respecto de la historia de uso del suelo para cultivos herbáceos susceptibles y en particular sobre cultivos anteriores de algo-

dón; y, especialmente, analizar el suelo sobre su contenido en microesclerocios de *V. dahliae*, para lo cual se dispone de métodos microbiológicos y moleculares contrastados experimentalmente; ii) desinfectar el suelo que contenga inóculo elevado o virulento del hongo, ya sea de forma generalizada o localizada, mediante solarización y/o aplicación de productos fumigantes autorizados; iii) utilizar material de plantación certificado libre de *V. dahliae*; y iv) la utilización de material de plantación tanto variedades como patrones tolerantes/resistentes a la Verticilosis.

#### *Elección del lugar de plantación*

El objetivo de esta medida es evitar el uso de suelos que contengan cantidades de *V. dahliae* potencialmente perjudiciales para el cultivo, y especialmente los suelos infestados por el patotipo defoliante del hongo, así como la proximidad de la plantación a cultivos herbáceos susceptibles, en particular algodón, con cuyos restos infestados pueda acceder el patógeno a la parcela (véase el apartado 2.3.3). La información disponible por el momento indica que cantidades cercanas a 1 microesclerocio del patotipo defoliante por gramo de suelo pueden ocasionar enfermedad severa en olivo "Picual". Por ello, es aconsejable analizar el suelo respecto de su contenido en *V. dahliae*, para lo cual existen métodos de análisis microbiológico y molecular, y laboratorios especializados en su uso [67, 116]. En todo caso, es conveniente disponer de información sobre el historial de uso agrícola de la parcela de plantación y de enfermedades que hayan afectado a cultivos anteriores, ya que rotaciones de cultivos que incluyan algodón o plantas hortícolas pueden indicar riesgo de Verticilosis.

#### *Desinfestación del suelo*

El suelo infestado por *V. dahliae* no debería ser utilizado para establecer plantaciones de olivar, si bien podría utilizarse si previamente se desinfecta mediante tratamientos químicos y/o físicos. Estos tratamientos pueden ser aplicados de forma generalizada, pero también en bandas o en el sitio de plantación con objeto de proteger a la planta de la infección por el patógeno durante la fase juvenil de ésta, en que es más susceptible. Sin embargo, hay que destacar que dichos tratamientos no garantizan la eliminación total del patógeno, ya que el éxito de dichas medidas dependerá en gran parte de los niveles de inóculo en el suelo y la distribución en profundidad, o agregación en restos vegetales de difícil acceso por el producto desinfectante en cuestión.

Aunque la fumigación con distintas materias activas ha sido efectiva para el control de Verticilosis en algunos cultivos [73], en la actualidad la legislación de la UE prohíbe la utilización de muchos de estos productos, y otros son de uso restringido según los distintos países [117]. Así, aunque diversos autores han demostrado la eficacia contra el hongo de productos fumigantes como cloropicrina, dazomet y metam-sodio (estos dos últimos liberadores de isocianato de metilo en suelo humectado) cuando se aplican al suelo desnudo, adecuadamente preparado, a temperaturas de 18-20°C, estos productos no están autorizados específicamente para desinfección de suelos en olivar. En la actualidad solo existe un producto, el tetratiocarbonato sódico 40%, que está incluido en el registro de productos fitosanitarios para la desinfección de suelos en olivar. La utilización de dichos productos tiene la limitación de su coste, y los riesgos de toxicidad y perjuicio medioambiental, inconvenientes que pueden ser superados si su aplicación tiene lugar con asistencia técnica y conforme a los principios de la agricultura sostenible.



*V. dahliae* puede ser erradicado eficientemente mediante solarización del suelo infestado; un proceso hidrotérmico que se desarrolla cuando el suelo humectado se cubre con una lámina de plástico transparente a la radiación solar incidente e impermeable a la radiación reflejada (usualmente de 25-50 micras de grosor), durante 6-8 semanas en el periodo de Julio a Septiembre en las condiciones de Andalucía. Sin embargo, la aplicación de la solarización antes de la plantación resulta en la mayoría de los casos inviable económicamente por la extensión de las plantaciones de olivar.

Asimismo, investigaciones recientes han demostrado que diversas enmiendas orgánicas del suelo desnudo (ej., estiércol de vacuno, gallinaza, purines de cerdo, enterrados en verde de crucíferas o de pasto del Sudán, etc.) son eficientes en reducir la cantidad de *V. dahliae* y/o su potencial de causar enfermedad [118], debido en unos casos a la liberación de ácidos grasos (p. ej., purines de cerdo) o de isocianato de metilo (p. ej., restos de crucíferas) tóxicos para el hongo, y en otros a la estimulación de la actividad microbiana en el suelo tratado. Sin embargo, la aplicación generalizada de dichas enmiendas debe ser considerada con cautela, ya que su eficacia no es necesariamente reproducible sino que varía a menudo de unos suelos a otros por la influencia que ejercen factores diversos (relación C/N, tipo de suelo, condiciones ambientales, pH del suelo, etc.) sobre sus mecanismos de acción.

#### *Utilización de material de plantación certificado libre del patógeno*

La utilización de material de plantación certificado libre del patógeno es una medida de lucha de especial relevancia para el control de la Verticilosis del olivo, ya que de forma repetida se ha demostrado científicamente la transmisión del hongo en material vegetal asintomático utilizado para propagación, y se ha constatado la aparición de la Verticilosis en olivares y zonas geográficas que únicamente pudo ser explicada por este proceso (en particular en España).

La utilización de material vegetal infectado supone un grave problema respecto del desarrollo y control de las Verticilosis porque contribuye a la dispersión del patógeno a largas distancias por las distintas zonas de cultivo y determina que: i) las plantas estén infectadas desde el inicio de su crecimiento produciéndose una mayor incidencia y menor producción; ii) puede dar lugar a infestar suelos fértiles libres de *V. dahliae*; iii) puede facilitar la introducción de nuevos aislados de mayor virulencia que los ya residentes en suelos agrícolas infestados; y iv) puede contribuir a incrementar la cantidad de propágulos de los patógenos presentes en el suelo y dar lugar a ataques de la enfermedad de mayor incidencia y severidad en posteriores cosechas. Es importante señalar que la utilización de material vegetal infectado se debe a que la infección puede permanecer asintomática y por lo tanto no detectable si no se llevan a cabo los protocolos de detección y controles adecuados. Por ello, el establecimiento de programas de inspección y certificación fitosanitaria de viveros de olivo es una de las acciones tecnológicas más necesitadas por la moderna olivicultura. Actualmente las distintas administraciones autonómicas están promoviendo el desarrollo de Programas Específicos de Certificación de plantas de olivo de viveros para regular dicho sector, ya que hasta ahora la única normativa existente en la que se podía basar dicho sector era el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Plantas de Vivero de Frutales (a través de todos sus Reales Decretos). Sin embargo, en el caso de Andalucía es muy probable que

este programa llegue tarde a muchas áreas geográficas donde el patógeno ya se ha extendido, ya que el número de viveros no autorizados existentes en toda la región y en los que no existía ninguna medida de control sanitario ha sido, y continúa siendo muy elevado.

Durante los últimos años, investigaciones realizadas por grupos de investigación españoles financiadas con fondos públicos españoles y de la Unión Europea, así como investigaciones realizadas en otros países, han dado lugar al desarrollo de protocolos para la detección molecular de *V. dahliae* en tejidos vegetales (plantones y olivos adultos) y en el suelo [e.g., 100, 116, 119, 120]; si bien, la eficacia y sensibilidad de los diversos protocolos varían notablemente [121]. Todos estos protocolos han sido publicados en revistas científicas, y muchos de ellos han sido patentados, y divulgados técnicamente en revistas accesibles al agricultor y las autoridades competentes; pero no consta que estén siendo empleados en la producción viverista en España de forma generalizada, salvo por algunos empresarios viveristas pioneros.

#### *Uso de variedades y/o patrones resistentes*

A largo plazo, la utilización de variedades de olivo resistentes a la infección o tolerantes a la enfermedad, de características agronómicas y comerciales adecuadas, es posiblemente la medida de control de la Verticilosis del olivo más práctica y económicamente eficiente. Sin embargo, las variedades de mayor interés comercial en la actualidad, como 'Arbequina', 'Cornicabra' y 'Picual' (Tabla 1), son susceptibles o muy susceptibles al patotipo defoliante de *V. dahliae*. Así, la gran virulencia de dicho patotipo hace que se puedan desarrollar niveles severos de enfermedad en el cultivar Picual (altamente susceptible) con escaso contenido del hongo en el suelo [3 a 10 propágulos (microesclerocios) por gramo de suelo seco] [122]. Sin embargo, en este cultivar la enfermedad no se desarrolla rápidamente o se desarrolla con escasa severidad en el caso de que el inóculo de *V. dahliae* que esté presente en el suelo sea del patotipo no defoliante, menos virulento. Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es que la prevalencia en un suelo del patotipo defoliante da lugar a que cultivares moderadamente susceptibles (e.j., 'Lechín de Granada', 'Pajarero, Picudo') o resistentes (e.j., 'Empeltre', 'Frantoio', 'Manzanilla de Sevilla', 'Verdial de Alcaudete', 'Oblonga') al patotipo no defoliante sean muy susceptibles o moderadamente susceptibles (i.e., 'Empeltre', 'Frantoio', 'Oblonga') al patotipo defoliante [123].

Las nuevas oportunidades de infección de la planta conciernen en particular a un fenómeno relevante en la Verticilosis del olivo (i.e., la denominada *recuperación sintomática de la planta enferma* si la primera infección no origina síntomas severos) que, aunque todavía no es suficientemente comprendido, habría de ser considerado para el control integrado de la enfermedad [65, 86, 87, 124]. La posibilidad de predecir el desarrollo de este fenómeno y favorecerlo es dificultada por el número de factores que pueden influir sobre él, como son el nivel de susceptibilidad del cultivar de olivo en cuestión y el nivel de virulencia del patotipo y/o cantidad de *V. dahliae* infectando el árbol. No obstante, en general, todos aquellos factores que reduzcan el riesgo de prontas y extensas infecciones de la planta joven juegan un papel determinante en el desarrollo de la recuperación del árbol de la enfermedad.

La utilización de patrones resistentes se presenta como una vía alternativa a la falta de variedades con suficiente nivel de resistencia a *V. dahliae*, tal y como se viene desarrollando

con éxito en frutales de hueso, y vid para el control de diferentes enfermedades. Investigaciones generadas en nuestro grupo de investigación han identificado dos clones de acebuche de entre 20 evaluados que presentan un elevado nivel de resistencia a la infección por ambos patotipos de *V. dahliae* (R. M. Jiménez-Díaz, no publicado). Asimismo, estudios recientes realizados en Italia han identificado 10 clones obtenidos a partir de tres entradas de acebuche de un total de 57 evaluadas que han presentado altos niveles de resistencia a ambos patotipos de *V. dahliae* [125].

El uso de material vegetal resistente o tolerante de calidad sanitaria contrastada se podría acompañar de la aplicación de agentes microbianos al sistema radical del plantón en el momento de su producción en vivero, de manera que se pueda prolongar la protección de aquél contra infecciones tempranas de la planta joven por el patógeno una vez transplantada a campo. Diversos estudios desarrollados en el pasado o que se están llevando a cabo actualmente, han contrastado experimentalmente la eficacia de diversos microorganismos en suprimir la Verticilosis del olivo en cierto nivel, si bien los resultados en condiciones de campo no siempre son reproducibles o satisfactorios desde el punto de vista del nivel de eficacia obtenido (Ver apartado 3.2.2.3).

#### 8.4.2.3.2. Medidas una vez establecida la plantación

##### *Prácticas de cultivo*

Diversas prácticas durante el manejo de la plantación pueden contribuir a disminuir el desarrollo de la Verticilosis en olivares establecidos, incluyendo: i) evitar los cultivos intercalares con plantas susceptibles, bien sean utilizados como cubiertas vivas para proteger de la erosión o no, especialmente algodón y cultivos hortícolas; ii) controlar las malas hierbas de hoja ancha mediante herbicidas y evitar o minimizar en lo posible las prácticas de laboreo que causen heridas en las raíces; iii) evitar el uso de vehículos o maquinaria que se hayan empleado previamente en parcelas afectadas por Verticilosis; iv) utilizar el riego por goteo con preferencia al de inundación o por surcos para evitar la diseminación del patógeno en la plantación; v) realizar la poda de árboles afectados preferiblemente durante el verano, y antes de que ocurra la defoliación de la planta, retirando y destruyendo tan pronto como sea posible los restos de plantas enfermas, para evitar la incorporación al suelo de los microesclerocios del hongo que puedan contener o la diseminación de ellos en la parcela; y vi) no establecer cubiertas inertes basadas en material de poda troceado procedente de árboles de parcelas afectadas por Verticilosis ya que dichos restos pueden representar un medio eficiente de dispersión del inóculo del patógeno en campos de olivar [79].

##### *Acciones en la rizosfera de plantas afectadas*

La recuperación natural de los olivos afectados de Verticilosis antes descrita, y la necesidad de que ocurran nuevas infecciones en el sistema radical para que se produzca enfermedad de nuevo en la planta no sintomática, ofrecen la posibilidad de combatir la Verticilosis del olivo mediante acciones que reduzcan la cantidad del hongo en la cercanía de las raíces. A tal efecto, Wilhelm y Taylor [86] recomendaron incorporar materia orgánica (aserrín, estiércol, tejidos vegetales verdes, etc.) al suelo en la zona radical del árbol enfermo, con objeto de estimular la actividad microbiana antagonista de *V. dahliae* en la rizosfera de éste. En la

misma hipótesis, Tjamos et al. [124] demostraron que aunque la eficacia de la solarización no es tan elevada cuando se aplica a plantaciones establecidas, la solarización de la superficie del suelo reduce la cantidad del hongo en el suelo próximo a sus raíces y facilita la recuperación posterior de la planta de la enfermedad. Sin embargo, la solarización del suelo solo tuvo un efecto significativo en la recuperación de árboles con un índice inicial de enfermedad bajo, pero no en aquellos con alto índice inicial de enfermedad. Estos resultados fueron confirmados posteriormente por López Escudero y Blanco López [126] en Andalucía, cuando la solarización se aplicó a olivos “Hojiblanca” y “Picual” de 3 años de edad. La aplicación práctica y eficiente de la solarización en Andalucía es favorecida por la elevada insolación y cantidad de radiación solar predominante en la región, que permite el aumento de la temperatura del suelo hasta valores adecuados y por un tiempo suficientemente prolongado para reducir el número de microesclerocios de *V. dahliae* viables que existan en él. Esta metodología puede aplicarse de forma más práctica y factible para el control de la enfermedad en viveros de olivo, o para la desinfección o prevención de infestación de suelos posiblemente infestados utilizados en viveros de olivo para el enraizamiento y crecimiento de los plantones. Así, la solarización de sustratos de uso viverístico en montículos de 80 cm de altura determinó reducciones entre el 99 y 100% de la densidad de microesclerocios viables del patotipo defoliante al cabo de 8 días de exposición al tratamiento [127].

#### *Control mediante productos químicos y biológicos*

En la actualidad, gran número de casas comerciales (en muchas ocasiones con la colaboración de Organismos Públicos) están ensayando diversas materias activas (de origen sintético o extractos de productos naturales, así como formulaciones biológicas) y formas de aplicación de éstas para el control de la Verticilosis del olivo. Sin embargo, según nuestro conocimiento, por el momento ningún producto se ha mostrado altamente eficaz y consistente en el control de la enfermedad en condiciones de campo. La gravedad de los ataques de la Verticilosis del olivo ha generado expectativas y sobre todo deseos comprensibles en el olivicultor de que esta enfermedad pueda ser controlada eficientemente mediante intervenciones simples de naturaleza química sobre el olivo enfermo, una vez que la enfermedad es manifiesta en la plantación. Este hecho está generando una profusión de recomendaciones y tratamientos generalizados y extensos de olivares afectados de Verticilosis con una variedad de productos de diverso origen registrados o no, cuya eficacia no consta que haya sido demostrada experimentalmente y menos aún publicada en ámbitos científicos o técnicos. En la mayoría de los casos, estos productos son referidos como fortificantes o estimuladores del crecimiento de la planta debido a la mayor facilidad para su registro como tales, en comparación a las sustancias fungicidas que tienen mayor dificultad, regulación y coste para su inclusión en el registro de productos fitosanitarios. A pesar de ello, existen en el mercado diferentes empresas que ofrecen productos a los que se les atribuye un efecto curativo total de la Verticilosis, y cuyos razonamientos sobre el modo de acción de los citados productos llegan en algunos casos a rozar lo descabellado y absurdo desde el punto de vista científico. La frustración de las expectativas de control de la Verticilosis del olivo tras la aplicación de tales productos genera irritación en el agricultor y tiende a originar un descrédito injusto que se trasladada de forma generalizada al sector especializado en la Sanidad Vegetal. De hecho, estas circunstancias han motivado a algunas asociaciones profesionales, como la Asociación Española de Municipios Olivareros (AEMO), a difundir una comunicación de cautela al sector

oleícola respecto de la disponibilidad actual de productos fitosanitarios para los que se haya demostrado experimentalmente eficiencia alguna de 'curación del árbol enfermo'. Sería aconsejable que por parte de la Administración se financiase a grupos de investigación consolidados y expertos en la materia para evaluar con rigor científico y técnico tanto el efecto beneficioso de posibles materias activas con potencial para el control de la Verticilosis, como para poner al descubierto sustancias "milagrosas" que realmente son ineficaces y que de forma fraudulenta se están comercializando sin estar autorizadas para ello. De hecho, no deja de causar perplejidad que la profusión de acciones de certificación y cautelas garantistas que se vienen produciendo desde hace años respecto de las formas y tecnologías de producción agrícola, coexistan impunes con la laxitud que describimos respecto de recomendaciones inadecuadas y posiblemente fraudulentas para el control de la enfermedad. En la actualidad no existe ningún producto químico autorizado para el control específico de la Verticilosis del olivo, aunque sí existen dos materias activas (Procloraz y Folpet) incluidas en el registro de productos fitosanitarios para el control de Verticilosis (<http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/registro>). El control de la Verticilosis del olivo mediante productos fungicidas se ha investigado en numerosas ocasiones; sin embargo, todavía no ha sido demostrado convincentemente que esta estrategia de control de la enfermedad sea suficientemente satisfactoria. En la mayoría de los casos, los resultados no son reproducibles o muy variables, con lo cuál es difícil el establecimiento de un claro efecto fungicida o protector en la planta. Así, la inyección de carbendazima en troncos de olivo durante 2 años no dio resultados en el control de la enfermedad [128], mientras que otros autores han señalado resultados prometedores con fosetyl-Al [129]. No obstante, sería oportuno explorar de forma sistematizada la aplicación de materias activas de interés en el marco del fenómeno de la recuperación de la planta de la enfermedad antes referido, que si bien no tienen por qué garantizar la eliminación total de inóculo viable del hongo en la raíz, sí puede favorecer la recuperación y posterior entrada en producción de árboles escasamente afectados.

Finalmente, son muchos los productos biológicos (*Pseudomonas* spp., micorrizas, *Trichoderma* spp.) que actualmente se están promocionando como eficaces para el control de la Verticilosis del olivo. En nuestro grupo de investigación se ha contrastado experimentalmente en condiciones controladas y de campo el efecto beneficioso de algunas formulaciones específicas de estos microorganismos al suprimir en cierta medida –no eliminar– el desarrollo de la Verticilosis. Sin embargo, es importante señalar que cada formulación comercial de estos productos es única y posee una cepa específica de uno o varios microorganismos. Por lo tanto, carece de legitimidad reclamar que todas las formulaciones comerciales basadas en una misma especie microbiana sean igualmente eficaces en su efecto supresor de la enfermedad, ni que sean efectivas en todas las condiciones ambientales y frente a todas las variedades de olivo, ya que el control de enfermedades mediado mediante agentes microbianos es altamente dependiente de ambos tipos de factores [130, 131, 132].

## 8.5. Agradecimientos

Los autores son miembros del Grupo de Investigación AGR136 "Sanidad Vegetal" del Plan Andaluz de Investigación, Junta de Andalucía. Las investigaciones de los autores referidas en este artículo y la labor de revisión realizada han sido financiadas por diversos proyectos

(AGL2000-1444, CA000-017, QKL5-CT1999-01523, AGL2008-00344, y P08-AGR-03528) de la Unión Europea, el Ministerio de Ciencia e Innovación, y la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa, Junta de Andalucía, España. Los autores agradecen a D. L. Padilla Romero (Fer-campo, S.A.) por la información facilitada, y a todos los miembros pasados y presentes del grupo de Investigación AGR136 que de alguna u otra forma han contribuido a las investigaciones recogidas en el presente capítulo.

## 8.6. Referencias

- 1.- R. M. Jiménez Díaz, en *Agricultura Sostenible*, R. M. Jiménez-Díaz y J. Lamo de Espinosa, eds. (Agrofuturo, Life, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1998). Pp. 345-375.
- 2.- E.-C. Oerke, H.-W. Dehne, F. Schonbeck, A. Weber, A., eds., *Crop Production and Crop Protection—Estimated Losses in Major Food and CashCrops*. (Elsevier Science, Amsterdam, 1994). 808pp.
- 3.- E.-C. Oerke, H.-W. Dehne, *Crop Protection* 23, 275-285 (2004).
- 4.- H. H. Cramer, *Bayer Pflanzenschutz-Nachr.* 20, 1-524 (1967).
- 5.- A. Nico, H. F. Rapoport, R. M. Jiménez-Díaz, P. Castillo, *Plant Dis.* 86, 1075-1079(2002).
- 6.- EPPO/OEPP, en *EPPO Standard. EPPO A1 and A2 lists of pests recommended for regulation as quarantine pests* (European and Mediterranean Plant Protection Organization, Paris, 2008)
- 7.- A. Trapero Casas, M. A. Blanco López, en *El Cultivo del Olivo 6ª edición*, D. Barranco, R. Fernández Escobar, L. Rallo, Eds. (Coedición Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía y Ediciones Mundi-Prensa, 2008), pp. 595-656.
- 8.- M. E. Sánchez-Hernández, A. Ruiz-Dávila, A. Pérez de Algaba, A. Trapero-Casas, *Eur.J. Plant Pathol.* 104, 347-357 (1998).
- 9.- L. Gardan, C. Bollet, M. Abu Ghorrah, P. A. D. Grimont, *Inter. J. Syst. Bacteriol.* 42,606-612 (1992).
- 10.- F. De Andrés, *Enfermedades y Plagas del Olivo* (Riquelme y Vargas Ediciones, 2ª edición, Jaén, 1991).
- 11.- M. J. Cuesta, A. Delgado, *Cuadernos de Fitopatología* 46, 144-150 (1995).
- 12.- R. M. Jiménez Díaz, *Olivae* 8, 24-28 (1985b).
- 13.- R. Peñalver, A. García, A. Ferrer, M. M. López, *Phytoma España* 102, 177-179(1998).
- 14.- M. N. Schroth, D. C. Hildebrand, H. J. O'Reilly, *Phytopathology* 58, 524-525 (1968).
- 15.- R. M. Jiménez Díaz, *Olivae* 7, 28-31 (1985a).
- 16.- M. N. Schroth, J. W. Osgood, T. D. Miller, *Phytopathology* 63, 1064-1065 (1973).
- 17.- G. L. Ercolani, *Phytopathologia Mediterranea* 10, 130-2 (1971).
- 18.- E. E. Wilson, A.R. Maggie, *Phytopathology* 54, 576-579 (1964).
- 19.- G. L. Ercolani, *J. Gen. Microbiol.* 109: 245-57 (1978).
- 20.- E. E. Wilson, J. M. Ogawa, *Fungal, bacterial, and certain nonparasitic diseases offruit and nut crops in California* (Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, 1978).
- 21.- W. B. Hewitt, *Hilgardia* 12, 41-66 (1938).
- 22.- E. E. Wilson, *Hilgardia* 9, 231-264 (1935).
- 23.- C. G. Panagopoulos, *Bulletin OEPP/EPPPO* 23, 417-422 (1993).

- 24.- R. Penyalver, A. García, A. Ferrer, E. Bertolini, J. M. Quesada, C. I. Salcedo, J. Piquer, J. Pérez-Panadés, E. A. Carbonell, C. del Río, J. M. Caballero, M. M. López, *Phytopathology* 96, 313-319 (2006).
- 25.- N. L. Glass, T. Kosuge, *J. Bacteriol.* 170, 2367-2373 (1988).
- 26.- A. Sisto, M. G. Cipriani, M. Morea, *Phytopathology* 94, 484-489 (2004).
- 27.- I. Pérez-Martínez, Y. Zhao, J. Murillo, G. W. Sundin, C. Ramos. *J. Bacteriol.* 190, 625-635 (2008).
- 28.- M. Matas, C. Ramos, trabajo presentado en el XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Lugo, Septiembre 2008.
- 29.- U. Protta, *Informatore Fitopatologico* 12, 16-26 (1995).
- 30.- L. Varvaro, *Phytopathol. Medit.* 22, 39-46 (1983).
- 31.- M. Quesada, R. Penyalver, M. M. López, in *Pseudomonas syringae Pathovars and Related Pathogens – Identification, Epidemiology and Genomics*, M. B. Fatmi, A. Collmer, N. Sante Iacobellis, J. W. Mansfield, J. Murillo, N. W. Schaad, M. Ullrich Eds. (Springer Science and Business Media, 2008), pp. 57-64.
- 32.- B. L. Teviotdale, W. H. Krueger, *Plant Dis.* 88, 131-135 (2004).
- 33.- P. Ramos Clavero, *Ars Pharm.* 9, 453-460 (1968).
- 34.- J. MacDonald, M. Walter, M. Trought, C. M. Frampton, G. Burnip, *New Zealand Plant Protection* 53, 126-132 (2000).
- 35.- F. O. Obanor, M. V. Jaspers, E. E. Jones, M. Walter, *Crop Prot.* 27, 1335-1342 (2008a).
- 36.- F. De Andrés, *Enfermedades y Plagas del Olivo* (Riquelme y Vargas Ediciones, 2ª edición, Jaén, 1991).
- 37.- A. Trapero, J. R. Viruega, L. M. López Doncel, *Vida Rural* 123, 46-50 (2001).
- 38.- U. Braun, A. Ritschel, K. Schubert, *Taxon* 51, 557 (2002).
- 39.- A. Graniti, C. Laviola, trabajo presentado en 1ST International Congress of Plant Pathology, London, 1968.
- 40.- C. Laviola, trabajo presentado en 1ST Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Bari, 1966.
- 41.- H. N. Miller, *Phytopathology* 39, 403-410 (1949).
- 42.- R. Viruega, F. Luque, A. Trapero, trabajo presentado en el IX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Salamanca, octubre 1998a.
- 43.- R. González-Lamothe, R. Segura, A. Trapero, L. Baldoni, M. A. Botella, V. Valpuesta, *FEMS Microbiology Letters* 210, 149-155 (2002).
- 44.- N. Navarro, A. Trapero, trabajo presentado en el IX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Salamanca, Septiembre 1998.
- 45.- A. Trapero Casas, L. M. López Doncel, J. R. Viruega Puente, *Phytoma España* 102, 154-158 (1998).
- 46.- F. De Andrés Cantero, *Enfermedades y Plagas del Olivo*. (Ministerio de Agricultura, Madrid, 1965).
- 47.- L. Navarro. 1923. *Enfermedades del olivo*. Calpe, Madrid, 176 pp.
- 48.- A. Graniti, *EPPPO Bulletin* 23, 377-384 (1993).
- 49.- R. Viruega, F. Luque, A. Trapero, *Fruticultura Profesional* 88, 48-54 (1997).
- 50.- J. Del Moral, D. Medina, *Boletín Servicio Sanidad Vegetal, Plagas* 11, 31-36 (1985).
- 51.- F. García, *Phytoma España* 25, 31-36 (1991).
- 52.- J. R. Viruega, A. Trapero, *Acta Hort.* 474, 531-534 (1999).

- 53.- J. R. Viruega, A. Trapero, trabajo presentado en el IX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Valencia, octubre 2000.54.- De Marzo, S. Frisullo, F. Lops, V. Rossi, OEPP/EPPO Bulletin 23, 389-392 (1993).
- 55.- M. Salerno, Rev. Appl. Mycol. 45, 184 (1966).
- 56.- F. O. Obanor, M. Walter, E. E. Jones, M. V. Jaspers, Eur. J. Plant Pathol. 120, 211-222 (2008b).
- 57.- T. Saad, S. Masri, Phytopath. Medit. 17, 170-173 (1978).
- 58.- J.R. Viruega, S. Moreno, A. Trapero, Acta Hort. 586, 801-804 (2002).
- 59.- C. Laviola, G. Scarito, OEPP/EPPO Bull. 23, 411-416 (1993).
- 60.- A. Guechi, L. Girre, Mycopathologia 125, 163-171 (1994).
- 61.- A. Graniti, en Manual de Enfermedades de las Plantas, I. M. Smith, J. Dunez, R. A. Lelliot, D. H. Phillips, S. A. Archer, eds. (Ediciones Mindi-Prensa, Madrid, 1992), Pp.440-442.
- 62.- F. O. Obanor, M. Walter, E. E. Jones, M. V. Jaspers, N. Z. Plant Prot. 58, 273-277(2005a).
- 63.- N. Loprieno, I. Tenerini, Phytopathologische Zeitschrift 34, 385-392 (1959).
- 64.- A. Zarco, J. R. Viruega, L. F. Roca, A. Trapero, Bol. San. Veg. Plagas 33, 235-248(2007).
- 65.- R. M. Jiménez Díaz, E. C. Tjamos, M. Cirulli, en A Compendium of Verticillium Wilt in Tree Species, J.A. Hiemstra y D.C. Harris, eds. (Posen y Looijen. Wageningen, Holanda, 1998), Pp. 13-16.
- 66.- M. A. Blanco-López, R. M. Jiménez-Díaz, J. M. Caballero, Phytopathologia Mediterranea 23, 1-8 (1984).
- 67.- J. Bejarano-Alcázar, M. A. Blanco-López, J. M. Melero-Vara, R. M. Jiménez-Díaz, Plant Dis. 80, 1233-1238 (1996).
- 68.- J. Bejarano-Alcázar, E. Pérez Artés, trabajo presentado en el XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. SEF-FIAPA, Almería, Septiembre 2002.
- 69.- R. M. Jiménez Díaz, D. Rodríguez Jurado, J. A. Navas Cortés, J. Mercado Blanco, J.L. Trapero Casas, Vida Rural 176, 36-40 (2003).
- 70.- J. Bejarano-Alcázar, E. Pérez-Artés, R. M. Jiménez-Díaz, trabajo presentado en el 8th International Verticillium Symposium, Córdoba, España, 2001.
- 71.- E. Rodríguez, J. M. García Garrido, P. A. García, M. Campos, Crop Prot. 28, 46-52(2009)
- 72.- R. M. Jiménez-Díaz, C. Olivares, J. A. Navas-Cortés, B. B. Landa, M. M. Jiménez-Gasco, M. M.. Phytopathology 98, S75 (2008a).
- 73.- G. F. Pegg, B. L. Brady, Verticillium Wilts (CAB International, Wallingford, UK, 2002).
- 74.- F. J. López-Escudero, M. A. Blanco-López, Plant Dis. 83, 1178 (1999).
- 75.- C. Thanassonlopoulos, D. A. Biris, E. C. Tjamos, trabajo presentado en el 5th Congress Mediterranean Phytopathological Union, Patras, Greece, 1980.
- 76.- R. M. Jiménez Díaz, D. Rodríguez Jurado, B. B. Landa del Castillo, J. L. Trapero Casas, J. A. Navas Cortés, Vida Rural 265, 40-44 (2008b).
- 77.- J. A. Navas-Cortés, B. B. Landa, J. Mercado-Blanco, J. L. Trapero-Casas, D. Rodríguez-Jurado, R. M. Jiménez-Díaz, Phytopathology 98, 167-180 (2008).
- 78.- D. Rodríguez Jurado, R. Porras Alonso, J. L. Trapero Casas, R. M. Jiménez Díaz, trabajo presentado en el XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Almería, octubre 2002.
- 79.- E. Cabeza-Fernández, J. Bejarano-Alcázar, trabajo presentado en XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Murcia, Septiembre 2006.
- 80.- J. A. Hiemstra, en A Compendium of Verticillium Wilt in Tree Species, J. A. Hiemstra y D. C. Harris, eds. (Posen y Looijen. Wageningen, Holanda, 1998), Pp. 5-11.



- 81.- D. Rodríguez Jurado, Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba (1993).
- 82.- Al-Ahmad, M. N. Mosli, OEPP/EPPO Bulletin 23, 521-529 (1993).
- 83.- N. Serrhini, A. Zeroual, *Olivae* 58, 58-61 (1995).
- 84.- G. Levin, S. Lavee, L. Tsror (Lahkim), *Plant Pathol.* 52, 212-218 (2003).
- 85.- J. López Escudero, C. Martos Moreno, M. A. Blanco López, trabajo presentado en el XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. SEF-FIAPA, Almería, Septiembre 2002.
- 86.- S. Wilhelm, J. B. Taylor, *Phytopathology* 55, 310-316 (1965).
- 87.- M. A. Blanco-López, D. Rodríguez-Jurado, R. M. Jiménez-Díaz, trabajo presentado en el 5th International Verticillium Symposium, St. Petesburgo, 1990.
- 88.- C. C. Thanassouloupoulos, D. A. Biris, E. C. Tjamos, *Phytopathol. Medit.* 20, 164-168 (1981).
- 89.- J. Bejarano-Alcázar, Y. Ibrahen Mohamed Mousa, trabajo presentado en el XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Murcia 2004.
- 90.- V. Rodríguez-Morcillo, J. Bejarano-Alcázar, R. M. Jiménez-Díaz, trabajo presentado en el XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Almería, octubre 2002.
- 91.- Y. Ibrahim, Máster-Tesis, Universidad de Córdoba, España (2004).
- 92.- J. Bejarano-Alcázar, V. Rodríguez-Morcillo, E. Cabeza-Fernández, trabajo presentado en el XII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Lloret de Mar, Girona, Septiembre 2004.
- 93.- EPPO/OEPP, Bulletin OEPP/EPPO 36, 77-83 (2006).
- 94.- J. M. Quesada, R. Peñalver, A. García, E. Bertolini, C. I. Salcedo, J. Piquer, M. M. López, *Vida Rural* 228, 50-55 (2006).
- 95.- R. Peñalver, A. García, J. Pérez-Panadés, C. del Río, J. M. Caballero, J. Pinochet, J. Piquer, E. A. Carbonell, M. M. López, in *Varietades de Olivo en España II: Variabilidad y Selección*, L. Rallo, D. Barranco, J. Caballero, A. Martín, C. del Río, J. Tous, Eds. (Coedición Junta de Andalucía, MAPA, Mundi-Prensa, Madrid, 2005), pp. 339-346.
- 96.- A. Sisto, M. G. Cipriani, S. Tegli, M. Cerboneschi, G. Stea, E. Santilli, *Plant Pathol.* 56, 366-372 (2007).
- 97.- M. A. García, R. Peñalver, M. M. López, *Fruticultura Profesional* 120, 57-58 (2001).
- 98.- E. Bertolini, A. Olmos, M. M. López, M. Cambra, *Phytopathology* 93, 286-292 (2003).
- 99.- R. Penyalver, A. García, A. Ferrer, E. Bertolini, M. M. Lopez, *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 2673-2677 (2000).
- 100.- E. Bertolini, J. M. Quesada, A. Olmos, B. Morera, M. M. López, M. Cambra, trabajo presentado en el XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Lugo, Septiembre 2008.
- 101.- R. Campillo, *Phytoma España* 102, 159-167 (1998).
- 102.- B. L. Teviotdale, G. S. Sibbett, D. H. Harper, *Appl. Agric. Res.* 4, 185-189 (1989).
- 103.- A. Fernandes, M. Marcelo, *Acta Horticulture* 791, 565-567 (2008).
- 104.- M. Besri, A. Outassourt, *Olivae* 3, 32-33 (1984).
- 105.- J. M. Bohórquez, L. M. López-Doncel, E. Alcántara, A. Trapero, trabajo presentado en IX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Salamanca, Septiembre 1998.
- 106.- L. F. Roca, E. Alcántara, A. Trapero, trabajo presentado en el XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Lugo, Septiembre 2008.
- 107.- A. Trapero Casas, L. F. Roca, *Phytoma España* 164, 130-137 (2004).

- 108.- A. Trapero, L. M. López-Doncel, in *Varietades de Olivo en España II: Variabilidad y Selección*, L. Rallo, D. Barranco, J. Caballero, A. Martín, C. del Río, J. Tous, Eds. (Coedición Junta de Andalucía, MAPA, Mundi-Prensa, Madrid, 2005), pp. 321-328.
- 109.- L. Panizzi, M. L. Scarpati, G. Oriente, *Gaz. Chim. Ital. (nota II)* 90, 1449-1485(1960).
- 110.- S. Lavee, H. Harshemesh, A. Haskal, B. Avidan, A. Ogrodovich, N. Avidan, A. Trapero, *Acta Hort.* 474, 125-128 (1999).
- 111.- O. Obanor, M. Walter, E. E. Jones, M. V. Jaspers, *Eur. J. Plant Pathol.* 120, 211-222 (2008b).
- 112.- E. Shabi, R. Birger, S. Lavee, *Acta Hort.* 356, 390-394 (1994).
- 113.- F. O. Obanor, M. Walter, E. E. Jones, M. V. Jaspers, *N. Z. Plant Prot.* 58, 278-282(2005a).
- 114.- J. R. Viruega, F. Montes, M. Civantos, A. Trapero, trabajo presentado en el IX Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Salamanca, octubre 1998b.
- 115.- E. C. Tjamos, *Bulletin OEPP/EPP Bulletin* 23, 505-512 (1993).
- 116.- E. Pérez Artés, J. Mercado Blanco, A. R. Ruz, D. Rodríguez Jurado, R. M. JiménezDíaz, *Plant Soil* 268, 349-356 (2005).
- 117.- E. C. Tjamos, R. M. Jiménez Díaz, en *A Compedium of Verticillium Wilt in TreeSpecies*, J. A. Hiemstra, D. C. Harris, Eds. (Posen y Looijen. Wageningen, Holanda,1998), pp. 55-57.
- 118.- G. Lazarovits, K. Conn, M. Tenuta, en *Advances in Verticillium Research and Disease Management* E.C. Tjamos, R.C. Rowe, J.B. Heale, y D.R. Favel, eds. (APS Press, St. Paul,MN, 2000), PP. 274-291.
- 119.- Mercado-Blanco, D. Rodríguez-Jurado, S. Parrilla-Araujo, R. M. Jiménez-Díaz, *Plant Dis.* 87, 1487-1494 (2003).
- 120.- Mercado-Blanco, M. Collado-Romero, D. Rodríguez-Jurado, R. M. Jiménez-Díaz, *Olivae* 104, 36-44 (2005).
- 121.- V. Pérez Serrano, B. B. Landa, R. M. Jiménez Díaz, trabajo presentado en el XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Lugo, Septiembre 2008.
- 122.- F. J. López-Escudero and M. A. Blanco-López, *Plant Dis.* 91, 1372-1378 (2007).
- 123.- F. J. López-Escudero, C. del Río, J. M. Caballero, M. A. Blanco-López, *Eur. J. PlantPathol.* 110, 79-85 (2004).
- 124.- E. C. Tjamos, D. A. Biris, E. J. Paplomatas, *Plant Dis.* 75, 557-562 (1991).
- 125.- C. Colella, C. Miacola, M. Amenduni, M. D'Amico, G. Bubici, M. Cirulli, *Plant Pathol.* 57, 533-539 (2008).
- 126.- F. J. López-Escudero, M. A. Blanco-López, *Plant Dis.* 85, 489-496 (2001).
- 127.- J. Bejarano-Alcázar, trabajo presentado en el XII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología, Lloret de Mar, Girona, Septiembre 2004.
- 128.- N. Petsikos-Panayotarou, *Annals of the Institute Phytopathology, Benaki, (N.S.)* 12,227-235 (1980).
- 129.- R. Mulè, A. S. Fodale y A. Ticci. Control of olive Verticillium wilt by trunkinjection with different doses of fosetyl-Al and benomyl. *Acta Horticulturae* 586: 761-764 (2002).
- 130.- A. Hervás, B. B. Landa, R. M. Jiménez-Díaz, *Eur. J. Plant Pathol.* 103, 631-642 (1997).
- 131.- B. B. Landa, J. A. Navas-Cortés, A. Hervás, R. M. Jiménez-Díaz, *Phytopathology* 91,807-816 (2001).
- 132.- B. B. Landa, J. A. Navas-Cortés, R. M. Jiménez-Díaz, *Plant Pathol.* 53, 341-352(2004).



## CAPÍTULO 9: FERTILIZACIÓN

Ricardo Fernández Escobar

Dpto. de Agronomía. Universidad de Córdoba. Campus Rabanales, Ctra. de Madrid km 396. 14071 Córdoba.

### 9.1. Introducción

Todas las plantas necesitan nutrientes para completar su ciclo vital, que normalmente toman de la solución del suelo. Las cantidades requeridas dependen de numerosos factores, entre los que merece destacar el tipo de planta -si es anual o perenne-, la edad y la capacidad productiva. Asimismo, la capacidad para tomar los nutrientes requeridos varía entre especies y entre variedades, y se encuentra influida por las características de los suelos y por las técnicas de cultivo, que pueden afectar a la disponibilidad de los elementos nutritivos. Por todo ello, cada cultivo presenta en cada explotación y en cada momento un problema diferente en lo que a nutrición se refiere. En el caso de los cultivos leñosos la presencia de órganos de reserva y la capacidad para la reutilización de nutrientes, unido a la rusticidad y el carácter vecero de algunas especies como el olivo, hace que la casuística sea muy variada aún dentro de una misma explotación.

La fertilización trata de satisfacer las necesidades nutritivas de las plantas cuando aquellas no son satisfechas en las condiciones normales de cultivo, y constituye una práctica común y ancestral en agricultura. Dada la variedad de factores que pueden afectar la nutrición correcta de un cultivo, no parece lógico establecer recomendaciones generales de fertilización sin considerar la situación particular de cada parcela de una plantación.

En la práctica actual, sin embargo, todo lo anterior no se considera a la hora de planificar la fertilización, que suele fundamentarse en la reiteración de una misma práctica anual, por lo general constituida por la aportación de cantidades significativas de varios elementos nutritivos, en la creencia de que esas aportaciones constituyen un seguro barato contra el riesgo económico que puede suponer la escasez de nutrientes en un momento determinado. Como muestra de ello, en una encuesta realizada en la Cuenca del Mediterráneo para conocer la práctica de la fertilización del olivar en la zona, se recogía que el 97% de las aportaciones correspondían a fertilizantes minerales; en el 77% de los casos se reiteraba anualmente el plan de fertilización consistente, por lo general, en la aportación de varios elementos minerales, entre los que siempre se incluía el nitrógeno, aunque las aportaciones no se correspondían con las deficiencias nutritivas que presentaba el olivar, que en casi el 50% de los casos ni siquiera era conocido (1). Esta forma de proceder tiende a aportar más elementos de los necesarios -alguno de los cuales pueden estar disponibles para el árbol en cantidades suficientes para asegurar una buena cosecha-, a la provocación de deficiencias por no aportar un elemento en cantidades suficientes cuando lo requiere el cultivo, y a la aplicación de elementos en cantidades excesivas. Esta práctica aumenta los costes de cultivo,

puede alterar las condiciones de fertilidad del suelo, contribuye innecesariamente a la contaminación del suelo y de las aguas y puede afectar negativamente al árbol y a la calidad de la cosecha.

Los conocimientos actuales sobre nutrición vegetal sugieren un cambio en la práctica de la fertilización haciendo un uso más racional de los fertilizantes. En este sentido, se entiende por fertilización racional aquella que: 1) Satisface las necesidades nutritivas; 2) Minimiza el impacto ambiental, en particular la contaminación del suelo, del agua y del aire; 3) Consigue una cosecha de calidad; y 4) Evita las aportaciones sistemáticas y excesivas de nutrientes.

## 9.2. Necesidades nutritivas del olivo.

El olivo, como el resto de las plantas, necesita dieciséis elementos esenciales para completar su ciclo vital. Estos son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), boro (B) y cloro (Cl). La esencialidad de estos elementos se basa en que la planta no puede completar su ciclo vital sin ellos, que ningún elemento puede sustituir a otro, y que el elemento debe ejercer su efecto directamente sobre el crecimiento o el metabolismo.

Los tres primeros C, H, y O son elementos no minerales y constituyen aproximadamente el 95 % del peso seco de un olivo, pero no son objeto de fertilización pues el árbol los toma del CO<sub>2</sub> atmosférico y del agua (H<sub>2</sub>O) del suelo cuya combinación, mediante el proceso de la fotosíntesis, forma los hidratos de carbono. Esto explica por qué el déficit hídrico reduce el crecimiento y la producción de forma tan espectacular. Los trece elementos restantes son elementos minerales y constituyen el objetivo de la fertilización; en su conjunto tan solo representan el 5 % aproximadamente del peso seco de un olivo, de lo que se deduce lo fácil que es provocar un exceso de uno de ellos. Estos elementos son absorbidos por las raíces del olivo de la solución del suelo, en donde están presentes como iones y, una vez en el árbol, deben guardar un equilibrio entre sí.

La fertilización debe satisfacer las necesidades en elementos minerales, pero muchos se encuentran disponibles en la solución del suelo en cantidades adecuadas, por lo que la aportación sistemática de una mezcla de ellos no sería racional. Ni siquiera lo es la restitución al suelo de los elementos extraídos por la cosecha, pues en ello no se tiene en cuenta el consumo de lujo, la reutilización de elementos por el árbol, el aporte de elementos en el agua de riego o de lluvia, la mineralización, las reservas del árbol, ni la dinámica de los nutrientes en el complejo de cambio del suelo. La falta de respuesta a la fertilización cuando un elemento está disponible en la solución del suelo en cantidades suficientes para las plantas, es algo comprobado en la actualidad.

### 9. 3. Diagnóstico del estado nutritivo. El análisis foliar

El diagnóstico del estado nutritivo del olivar es la única alternativa para determinar sus necesidades nutritivas. Entre los métodos de diagnóstico el que resulta más preciso es el análisis foliar, esto es, el análisis químico de una muestra de hojas. Estos análisis, combinados con el conocimiento de las características del suelo y del aspecto o sintomatología que pudieran mostrar los árboles, permitirán realizar un diagnóstico sobre el estado nutritivo del olivar y, en consecuencia, recomendar el abonado. El análisis foliar es útil para identificar desórdenes nutritivos, para detectar niveles bajos de nutrientes antes de que aparezcan deficiencias perjudiciales, para medir la respuesta a los programas de fertilización y para detectar toxicidades causadas por elementos como cloro (Cl), boro (B) y sodio (Na), que deben ser confirmadas con análisis del suelo y del agua de riego, en su caso.

Se define el *nivel crítico de un nutriente* como la concentración de ese nutriente en la hoja por debajo de la cual la tasa de crecimiento y de producción de la planta disminuye si se compara con otras plantas que tienen concentraciones más elevadas. Esos niveles son universales para cada especie, y son válidos con independencia del lugar o situación en que se cultiven las plantas. En la Tabla 1 se recogen los niveles críticos en hojas de olivo, que corresponden a los valores deficientes mostrados para cada elemento nutritivo. Concentraciones superiores muestran valores bajos (comprendidos entre el deficiente y el adecuado), adecuados, en exceso (por encima de los adecuados) o tóxicos. En la mayoría de los nutrientes los valores altos no producen toxicidad propiamente dicha, pero si se encuentran en exceso, fuera del intervalo adecuado, pueden afectar a la utilización de otros nutrientes o al metabolismo de la planta y, en consecuencia, provocar reacciones negativas en el árbol.

**Tabla 1. Interpretación de los niveles de nutrientes en hojas de olivo recogidas en julio, expresados en materia seca (2).**

<i>Elemento</i>	<i>Deficiente</i>	<i>Adecuado</i>	<i>Tóxico</i>
Nitrógeno, N (%)	1,4	1,5-2,0	-
Fósforo, P (%)	0,05	0,1-0,3	-
Potasio, K (%)	0,4	>0,8	-
Calcio, Ca (%)	0,3	>1	-
Magnesio, Mg (%)	0,08	>0,1	-
Manganeso, Mn (ppm)	-	>20	-
Cinc, Zn (ppm)	-	>10	-
Cobre, Cu (ppm)	-	>4	-
Boro, B (ppm)	14	19-150	185
Sodio, Na (%)	-	-	>0,2
Cloro, Cl (%)	-	-	>0,5

Para efectuar un diagnóstico, basta comparar el análisis de la muestra de hoja de un olivar con los valores recogidos en la Tabla 1 y determinar si un elemento se encuentra en un nivel deficiente, bajo, adecuado o en exceso y, en consecuencia, tomar medidas para su posible corrección. Para que el diagnóstico sea correcto hay que tomar la muestra de hojas siguiendo unas normas estrictas que se indican a continuación.

La excepción a lo anterior lo constituye el hierro (Fe), pues este elemento se acumula en hojas aún en condiciones de deficiencia. La inspección visual de los síntomas, aunque siempre conveniente para asegurar un buen diagnóstico, resulta imprescindible para este elemento. Los síntomas característicos de la deficiencia de hierro son una clorosis en hoja de intensidad variable, pero en la se mantienen verdes las venas, acompañada de una disminución del tamaño de las hojas apicales y de la longitud de los brotes (véase la Fig. 6). Esta deficiencia es frecuente en olivares establecidos sobre suelos muy calizos.

### 9.3.1. Muestreo de hojas

En el olivo se pueden encontrar hojas de tres edades diferentes: del año, de un año y de dos años. Las funciones fisiológicas y el contenido de nutrientes en cada una de ellas varían, por lo que no puede tomarse una muestra de hojas totalmente al azar. Asimismo, el contenido mineral de las hojas varía a lo largo del año (Fig. 1) por lo que no es posible realizar el muestreo en cualquier época sino en aquella en la que el contenido sufre menos variaciones. En cualquier caso, hay que realizar el muestreo de la misma forma que se hizo al determinar los niveles críticos recogidos en la Tabla 1 o los resultados darán lugar a diagnósticos erróneos. La muestra, además, debe ser representativa de la parcela en estudio.

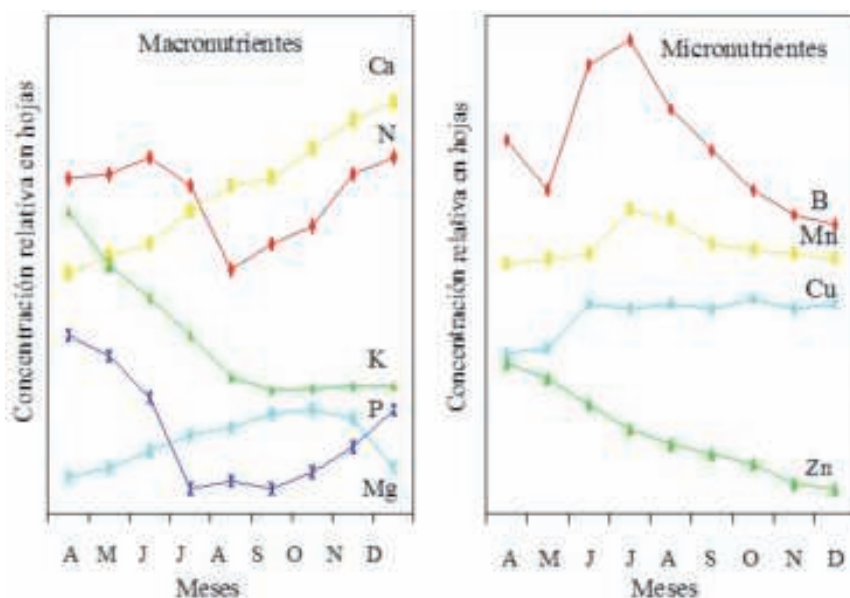


Figura 1: Evolución estacional de la concentración de nutrientes en hojas del crecimiento del año (3).

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Diferenciar parcelas por tipo de suelo, variedad cultivada, edad de los árboles, sistemas de cultivo o cualquier otra característica que permita diferenciar la parcela de otras.
2. Realizar el muestreo durante la parada estival, en el mes de julio en el Hemisferio Norte, preferentemente en la segunda quincena.
3. Tomar una muestra de unas 100 hojas de cada parcela. Si ésta es extensa, tomar más muestras al menos durante los primeros años.
4. Las muestras se tomarán de varios árboles dentro de cada parcela, elegidos aleatoriamente en un recorrido por la misma de forma parecida a la especificada más adelante para el muestreo del suelo (véase la Fig. 3).
5. Tomar de 2 a 4 hojas por árbol de brotes representativos situados hacia el centro de la copa, en distinta orientación y de un vigor normal, despreciando los muy vigorosos, los de escaso crecimiento y los localizados en el interior de la copa.
6. Las hojas deben ser del crecimiento del año, totalmente expandidas y con pecíolo, de una edad de 3 a 5 meses. Estas características corresponden a las hojas centrales a basales del brote del año durante el mes de julio (Fig. 2).



Figura 2: Ramo fructífero en Julio. La mitad apical, sin frutos, corresponde al crecimiento del año y las flechas indican las hojas objeto del muestreo.



7. No tomar hojas de árboles atípicos o con síntomas, salvo que constituyan una muestra distinta. En este caso se deben tomar hojas aparentemente asintomáticas.
8. Introducir cada muestra de hojas, perfectamente identificada, en una bolsa de papel que se guardará en una nevera portátil durante el muestreo.
9. Las muestras se enviarán rápidamente al laboratorio para su análisis o, en su defecto, se conservarán en un frigorífico convencional hasta su envío.

#### 9.4. Análisis de la fertilidad del suelo.

El conocimiento de las características del suelo es de gran utilidad al planificar la fertilización del olivar. Ello requiere el estudio del perfil del suelo mediante la apertura de calicatas en lugares representativos del olivar. El análisis del perfil indicará el tipo de suelo y las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo y permitirá conocer las limitaciones del suelo para el cultivo del olivo. Estos estudios, consecuentemente, deberían realizarse antes de la plantación y tenerlos en cuenta ante cada intervención posterior en la misma.

Desde el punto de vista de la fertilización, ese conocimiento pondrá de manifiesto la cantidad de los nutrientes presentes en el suelo así como su disponibilidad por el árbol. Si un suelo presenta una cantidad baja de un nutriente, cabe esperar que el olivar implantado sobre él muestre deficiencias en ese nutriente en algún momento de su vida. Pero si el contenido del suelo es normal no indica que pueda estar disponible para los árboles cuando éstos lo necesiten, pues el nutriente puede estar bloqueado en el suelo por alguna característica de éste. Las condiciones calizas de muchos suelos mediterráneos son un ejemplo claro de bloqueo de algunos elementos minerales. Por ello el análisis del suelo, aún siendo de gran utilidad para el manejo del cultivo y de la fertilización, tiene una utilidad limitada para determinar las necesidades nutritivas del olivar.

El análisis de la fertilidad del suelo realizado con cierta periodicidad, no obstante, es de utilidad en el programa de fertilización pues permite conocer las variaciones producidas en el contenido de nutrientes disponibles y resulta imprescindible para el diagnóstico de toxicidades causadas por un exceso de sales y, en particular, las debidas a excesos de sodio, cloro y boro.

##### 9.4.1. Muestreo del suelo

La muestra de suelo debe ser representativa del volumen de suelo explorado por las raíces en la parcela estudiada. Como el contenido en nutrientes del suelo varía tanto en profundidad como en sentido horizontal, deben tomarse muestras de cada horizonte o capa del suelo por separado en distintos puntos de la parcela a muestrear.

El procedimiento es el siguiente:

1. Diferenciar parcelas por tipo de suelo, topografía, variedades, etc., como en el muestreo de hojas.

2. Realizar un recorrido por la parcela en la forma indicada en la Fig. 3 y tomar en cada punto una submuestra de cada una de las capas de suelo. Por lo general, salvo casos particulares, basta con hacer una toma en los 0-30 cm y otra entre los 30-60 cm de profundidad. La muestra puede tomarse con una barrena o una azada.

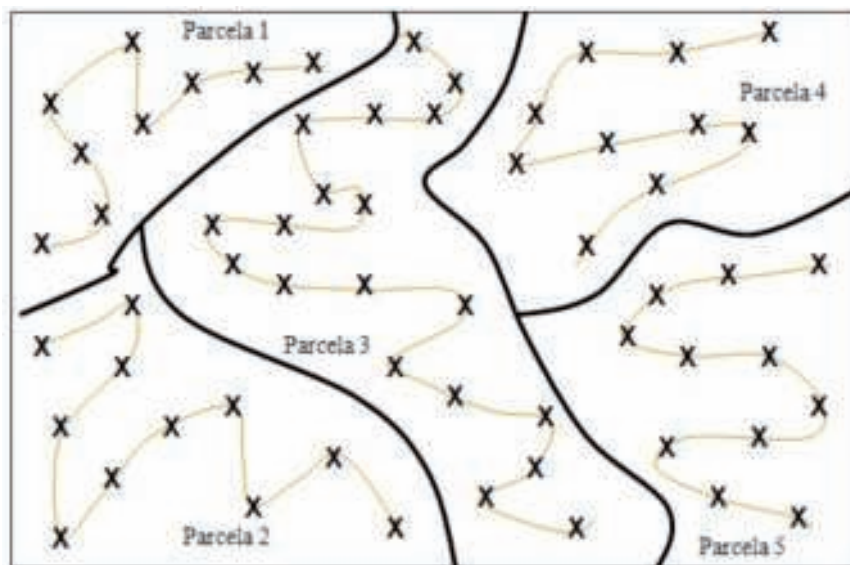


Figura 3: División de un olivar en cinco parcelas y recorridos a realizar para la toma de muestras de tierra.

3. Tomar al menos entre 8 y 20 submuestras para cada profundidad, cuidando de no mezclar tierra de ambas profundidades y de que todas las submuestras de cada capa tengan la misma cantidad de tierra.
4. Al finalizar el recorrido mezclar lo más homogéneamente posible todas las submuestras de cada capa de suelo para formar una muestra compuesta. De ahí separar una porción de unos 0,5 kg para el análisis de fertilidad.
5. Si las submuestras estuvieran húmedas, dejar secar antes de mezclarlas. Asimismo, las muestras compuestas se desecarán al aire, se introducirán en bolsas de plástico y convenientemente identificadas se remitirán al laboratorio para su análisis.

#### 9.4.2. Interpretación del análisis de fertilidad del suelo

El nivel crítico de un nutriente en el suelo es la concentración del nutriente por encima de la cual no se produce un aumento del crecimiento o de la producción al aumentar la fertilización. Este valor no solo depende del contenido de nutriente en el suelo, sino también de otras características del mismo que afecten a la disponibilidad para el cultivo. El nivel crítico de cada nutriente en el suelo no está determinado específicamente para el olivo, sino que existen datos genéricos aplicables a muchos cultivos. En cualquier caso, se interpreta que si la concentración

del nutriente en el suelo es baja o muy baja cabría esperar una respuesta positiva al abonado, que no se produciría si las concentraciones muestran un valor medio o alto.

El **nitrógeno** disponible en la solución del suelo está sujeto a procesos de pérdidas y ganancias, a veces dependientes de la climatología, que hace que no haya un procedimiento preciso de análisis que pueda utilizarse como indicador de la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo.

El nivel crítico del **fósforo** en el suelo depende del método de análisis utilizado. Para suelos de moderadamente ácidos a alcalinos y calcáreos, el método de Olsen es el más conveniente. La Tabla 2 recoge la escala de interpretación para un amplia gama de cultivos. En el caso del olivo cabe suponer que el nivel crítico no sea superior a 9 ppm, pues la falta de respuesta al abonado fosfórico es la tónica general en el olivar.

**Tabla 2. Interpretación de los niveles de fósforo en el suelo (4).**

Interpretación	Fósforo (método de Olsen) (ppm)
Muy alto	>25
Alto	18-25
Medio	10-17
Bajo	5-9
Muy bajo	<5

La disponibilidad de **potasio, calcio y magnesio** se corresponde con los contenidos de cambio de esos nutrientes, y requiere el conocimiento de la textura o de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). La interpretación de los niveles se recoge en la Tabla 3 que, como ya se ha indicado, no corresponden específicamente al olivo.

**Tabla 3: Interpretación de los niveles de potasio, calcio y magnesio disponibles según la textura y la CIC del suelo (4).**

Textura	CIC	Interpretación	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)
Gruesa	Baja (<5 cmol <sub>c</sub> /kg)	Muy alto	>100	>60	>800
		Alto	60-100	25-60	500-800
		Medio	30-60	10-25	200-500
		Bajo	15-30	5-10	100-200
		Muy bajo	<15	<5	<100
Media	Media (5-15 cmol <sub>c</sub> /kg)	Muy alto	>300	>180	>2400
		Alto	175-300	80-180	1600-2400
		Medio	100-175	40-80	100-1600
		Bajo	50-100	20-40	500-1000
		Muy bajo	<50	<20	<500
Fina	Alta (>15 cmol <sub>c</sub> /kg)	Muy alto	>500	>300	>4000
		Alto	300-500	120-300	3000-4000
		Medio	150-300	60-120	2000-3000
		Bajo	75-150	30-60	1000-2000
		Muy bajo	<75	<30	<1000

La interpretación de los valores de magnesio hay que basarla también teniendo en cuenta su relación con el potasio, pues si la relación K/Mg es mayor de 1 pueden aparecer deficiencias de magnesio inducidas por el potasio.

Los micronutrientes **hierro, manganeso, cobre y cinc** suelen estar presentes en el suelo, pero pueden producirse deficiencias inducidas por el pH, la caliza, las interacciones, etc. Es particularmente importante la deficiencia de hierro en olivares establecidos en suelos calcáreos. La Tabla 4 recoge los niveles críticos para estos nutrientes, que parecen ajustarse a los del olivo, en particular los niveles de hierro.

**Tabla 4. Niveles críticos de micronutrientes en el suelo extraíbles con DTPA (5).**

Micronutriente	Nivel crítico (ppm)
Hierro (Fe)	3,0
Manganeso (Mn)	1,4
Cobre (Cu)	0,2
Cinc (Zn)	0,8

La **salinidad del suelo** expresa la existencia de sales solubles en exceso que dificulta la absorción de agua por el cultivo y puede provocar problemas de toxicidad. Se evalúa por la medida de la conductividad eléctrica en el extracto de saturación (CEes), considerándose salino un suelo con CEes > 4 dS/m. El olivo se considera moderadamente tolerante a la salinidad y puede soportar mayor contenido en sales que otras especies frutales. Los iones salinos **sodio, cloruro y boro** pueden provocar problemas de toxicidad en el olivo por sí solos, aún con bajos valores de CE. Los valores de esos iones a los que cabe esperar efectos negativos en el cultivo se recogen en la Tabla 5.

**Tabla 5. Limitación para el olivo de las condiciones de salinidad, sodicidad, exceso de boro y exceso de cloro en el suelo (5).**

Clase de limitación	Grado de limitación		
	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad del suelo CEes (dS/m)	4	5	8
Porcentaje de sodio intercambiable (%)		20-40	
Toxicidad por boro (ppm)	2		
Toxicidad por cloruros (meq/l)	10-15		

### 9.5. Establecimiento del plan anual de fertilización.

Un buen programa de análisis foliares evalúa el estado nutritivo actual y anticipa las necesidades nutritivas de la campaña siguiente. Esto es así en cultivos perennes como el olivo, que poseen órganos de reserva de nutrientes. La estrategia consiste en mantener todos los elementos nutritivos dentro del nivel adecuado recogido en la Tabla 1 y aportar un elemento en forma de abono únicamente cuando se encuentre o se acerque a niveles de deficiencia causada por la extracción de la cosecha o por su baja disponibilidad en el suelo. Desde un punto de vista racional no debería permitirse descender del nivel de deficiencia, pues en esa situación se provocaría la disminución del crecimiento y la producción a niveles intolerables.

En el caso del potasio (K), es aconsejable la aportación de un abono rico en ese elemento cuando el análisis foliar indique un valor bajo del nutriente, esto es, cuando el valor esté por debajo del intervalo adecuado. Aunque en estas circunstancias no cabe esperar respuesta al abonado, la absorción de potasio suele ser menor si el árbol se encuentra cercano a la deficiencia (6).

Hay que considerar que, en ocasiones, los elementos se encuentran en niveles bajos o deficientes por la acción de otro, ya sea en defecto o en exceso, en cuyo caso bastaría la aportación o la supresión del abonado con ese otro elemento para conseguir la normalidad. Aunque la interpretación de las posibles interacciones entre elementos está aún por resolver de forma satisfactoria, se puede decir que interacciones entre el N y el P, el P y el Zn, el K y el Mg, entre otras, son bien conocidas en muchas especies frutales.

De acuerdo con esas consideraciones, una vez realizado el análisis foliar y realizado el diagnóstico sobre cada elemento nutritivo, se procederá a establecer el plan de fertilización de la campaña siguiente. La estrategia a seguir es la siguiente:

- 1.-Si todos los elementos se encuentran en su nivel adecuado en hojas, sería recomendable no realizar abonado alguno en la siguiente campaña, y repetir el análisis en el próximo mes de julio para valorar el estado nutritivo de nuevo.
- 2.-Si un elemento se encuentra bajo o deficiente debería aplicarse un abono rico en ese elemento, siempre que no existieran dudas de que se encuentra así porque otro se encuentra bien en exceso o bien deficiente, en cuyo caso habría que actuar sobre ese elemento.
- 3.-Si varios elementos nutritivos se encuentran bajos o deficientes bastaría, en la mayoría de los casos, con aplicar el más deficiente de todos para corregir la situación. Esto, sin embargo, no es una regla de carácter general, por lo que se recomienda siempre el consejo de un experto. Téngase siempre presente que la aplicación de elementos nutritivos en exceso o innecesarios en un momento determinado, puede provocar desequilibrios nutritivos en el árbol difíciles de corregir con posterioridad.

## 9.6. Corrección de deficiencias nutritivas.

Las necesidades nutritivas del olivo suelen ser menores que las de otros cultivos debido a su rusticidad y a su condición de planta perenne, con órganos de reserva de nutrientes que reutiliza con facilidad. El nitrógeno (N) es el elemento nutritivo que se requiere en mayores cantidades, por lo que ha constituido tradicionalmente la base de la fertilización del olivar. En condiciones de secano el mayor problema nutritivo lo constituye la deficiencia en potasio (K), que se agrava en caso de una cosecha elevada. En terrenos calizos, además del potasio pueden encontrarse casos de deficiencia de hierro (Fe) y de boro (B), y en suelos ácidos cabe esperar deficiencias en calcio (Ca). Estos son los desequilibrios nutritivos que pueden afectar a la mayoría del olivar y que, en definitiva, conviene vigilar mediante la realización de los análisis correspondientes. No obstante, esos desequilibrios difícilmente aparecerán concentrados en una misma plantación.

### 9.6.1. Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento muy dinámico que se pierde con facilidad por lavado, volatilización o desnitrificación. Debido a ello, se ha considerado necesario un abonado anual de mantenimiento con nitrógeno para compensar las pérdidas del elemento. Sin embargo, estudios realizados en distintas condiciones de cultivo han evidenciado la ineffectividad de esa práctica para el mantenimiento de un buen nivel productivo del olivar, pero ha provocado en algunas zonas un aumento significativo de la contaminación de las aguas por nitratos.

Las extracciones de nitrógeno por la cosecha son bajas si se comparan con las de cultivos anuales, y se cifran en torno a los 3-4 g N/kg de aceituna como máximo. Si a ello se añade que además del abonado existen aportaciones de nitrógeno al sistema por mineralización de la materia orgánica del suelo y por el agua de lluvia y de riego, en su caso, cantidades normalmente ignoradas al determinar las necesidades de abonado nitrogenado, es fácil comprender que en suelos relativamente fértiles las necesidades de nitrógeno del olivar sean escasas. En la mayoría de ellos no es necesaria la aportación anual de nitrógeno para mantener un nivel adecuado en hojas y, en definitiva, un buen nivel productivo. Por el contrario, se ha observado un efecto negativo en la calidad del aceite y en la calidad de la flor cuando el nitrógeno se ha aplicado en exceso (7, 8).

En caso de deficiencia diagnosticada, cuya sintomatología se muestra en la Fig. 4, es recomendable aplicar con carácter tentativo en un olivar adulto 0,5 kg N/árbol, sin que se llegue a superar en ningún caso los 150 kg/ha. La dosis óptima dependerá de las características y del manejo de cada olivar y habrá que ajustarla mediante la realización de análisis foliares periódicos que, correctamente interpretados, indicarán la necesidad de aumentar o de reducir las dosis aplicadas.



Figura 4: Síntomas de deficiencia de nitrógeno

La eficiencia del uso del nitrógeno (EUN) se define como la cantidad de nitrógeno absorbida por la planta dividida por la cantidad total de nitrógeno aportado. En general se estima que la EUN fluctúa entre el 25% y el 50%, lo que indica que la mayoría del nitrógeno aportado no es absorbido por los cultivos. Entre los factores que disminuyen la EUN se encuentran los siguientes: 1) presencia de nitrógeno disponible en el suelo, de manera que al aplicar más mediante el abonado el árbol absorberá menos; 2) la aportación de nitrógeno durante el período de reposo invernal del árbol, pues es incapaz de absorberlo en esas circunstancias; y 3) una cosecha elevada, por lo que la absorción es mayor en años de descarga. Por el contrario, el fraccionamiento de la aplicación de nitrógeno favorece la absorción del elemento por el árbol, aumentando la EUN. En el secano es recomendable fraccionar la aplicación aportando parte al suelo, procurando su incorporación con el agua de lluvia, y parte en aplicaciones foliares. También puede aplicarse todo el nitrógeno vía foliar fraccionando la aportación repitiendo el tratamiento varias veces. En regadío es conveniente aplicar el nitrógeno disuelto en el agua de riego; por sus características, el riego de alta frecuencia minimiza las pérdidas de nitrógeno al permitir un mayor fraccionamiento de la aplicación.

### 9.6.2. Potasio

El potasio es el elemento que en mayor cantidad extrae el cultivo, del orden de 4,5 g K/kg de aceituna y las deficiencias, o los niveles bajos de potasio, son generalizadas en buena parte del olivar. Los árboles deficientes muestran necrosis apicales en hojas y defoliación de ramitas; en años de cosecha, los frutos se muestran arrugados y de un tamaño inferior al normal (Fig. 5). Estas deficiencias se manifiestan con más intensidad en el olivar de secano y en los años secos, pues la baja humedad del suelo limita la difusión del potasio (K) en la disolución del suelo e impide su absorción por las raíces. Las deficiencias también son frecuentes en suelos con bajos contenidos de arcilla, pues el poder tampón del suelo es menor y, en consecuencia, el K disponible para el árbol.



Figura 5: Síntomas de deficiencia de potasio



Los olivares con deficiencias de potasio son difíciles de corregir, pues el potasio aportado en forma de abono se absorbe en menores cantidades en árboles deficientes (6). Por ello es conveniente vigilar anualmente la concentración de potasio en hojas y aplicar ese elemento cuando se alcancen valores bajos, antes de llegar a la deficiencia. Las dosis tentativas a aplicar en estos casos son del orden de 1 kg K/árbol al suelo, siempre que la humedad del mismo no sea el factor limitante. En las aplicaciones al suelo hay que tener presente que el potasio, al contrario que el nitrógeno, tiene una movilidad baja, en particular si el contenido de arcilla es alto. Esto significa que el potasio se queda en la superficie del suelo, salvo que se localice en las proximidades del sistema radical. En el secano, 2 a 4 aplicaciones foliares al 1%-2% de K en función del nivel de K, ha dado resultados satisfactorios, aunque suele ser necesaria la repetición en campañas sucesivas hasta elevar la concentración de K en hojas a su nivel adecuado. Las aplicaciones conviene hacerlas en primavera, pues las hojas jóvenes absorben mayores cantidades de potasio que las maduras. En general, aplicaciones más diluidas y más frecuentes han resultado más efectivas para aumentar el nivel de potasio en hojas que las más concentradas y menos frecuentes.

### 9.6.3. Hierro

La deficiencia de hierro, conocida como *clorosis férrica*, es un desequilibrio nutritivo que puede afectar a olivares establecidos en suelos muy calizos, con un pH elevado. En este medio las formas iónicas del hierro son poco solubles y no están disponibles para las plantas aún estando presentes en cantidades suficientes en el suelo. La deficiencia de hierro también está relacionada con condiciones de poca aireación del suelo. Los árboles afectados por la clorosis férrica muestran unos síntomas característicos de clorosis en hoja, un crecimiento pequeño de los brotes y una disminución de la producción (Fig. 6). La aceituna de mesa se deprecia pues los frutos suelen ser menores y afectados, asimismo, de clorosis. Estos síntomas son el medio de diagnóstico de la deficiencia, pues el análisis foliar no sirve en este caso ya que el hierro se acumula en hojas aún en situaciones de deficiencia.

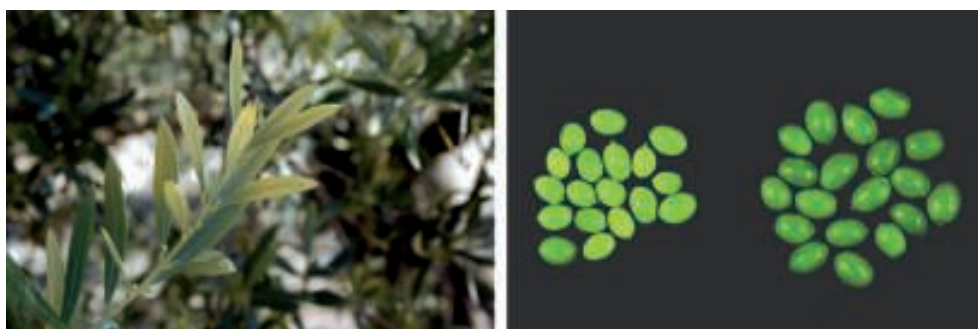


Figura 6: Síntomas de deficiencias de hierro.

La corrección de la clorosis férrica es difícil y costosa. La mejor solución para nuevas plantaciones es la elección de una variedad tolerante a esa anomalía. En olivares establecidos, el remedio pasa por la aplicación de quelatos de hierro al suelo, que permiten la disposición de hierro para la planta durante un tiempo moderadamente prolongado en comparación con otros productos, o la inyección de soluciones de hierro al tronco de los árboles. En este último caso, los efectos de la inyección pueden prolongarse durante cuatro o más años (9).

#### 9.6.4. Boro

El olivo es una planta con altos requerimientos en boro. La disponibilidad de este elemento en el suelo disminuye en condiciones de baja humedad y conforme aumenta el pH del suelo, particularmente en suelos calizos. Los síntomas de la deficiencia de boro suelen confundirse con los síntomas provocados por una deficiencia en potasio y, en ocasiones, se ha aplicado equivocadamente boro para corregir anomalías provocadas por el potasio, más frecuentes como se indicó anteriormente. Conviene insistir en que el diagnóstico foliar es imprescindible antes de cualquier aplicación, pues el boro es uno de los elementos que en concentraciones elevadas resulta tóxico para el olivo.

En caso de deficiencia diagnosticada, ésta es fácil de corregir aplicando entre 25-40 gramos de boro por árbol al suelo. En suelos calizos con  $\text{pH} > 8$  y en secano, es preferible la aplicación foliar de productos solubles a una concentración de 0,1% de boro antes de la floración. Una sola aplicación puede ser suficiente, pues el boro es un microelemento que se requiere por las plantas en pequeñas cantidades.

#### 9.6.5. Calcio

La mayoría del olivar mediterráneo está establecido sobre suelos de origen calcáreo, donde la disponibilidad de calcio para los árboles es elevada. Tan solo en suelos ácidos, donde el agua de lavado ha eliminado gran parte de las bases de cambio, las concentraciones de calcio se reducen hasta valores que pueden provocar deficiencias. En estas situaciones es conveniente realizar una enmienda caliza a base de carbonato cálcico o de óxido de calcio para neutralizar la acidez. La cantidad a aplicar depende de la textura y del pH del suelo, por lo que hay que calcularla en función de los resultados del análisis del suelo.

Pocos estudios hay sobre la corrección de una deficiencia de calcio en el olivo. En términos generales, las aplicaciones de carbonato cálcico suelen ser del orden de 2,5 a 7,5 t/ha, correspondiendo las cifras más elevadas a suelos de textura más fina y mayor elevación del pH. También se ha recomendado la aplicación de 5 a 10 kg/árbol de óxido de calcio para neutralizar la acidez del suelo. Aplicaciones foliares de nitrato cálcico en dosis medias de 0,5-1,5%, de cloruro cálcico al 0,2 % y de hidróxido cálcico al 2%, se han utilizado con éxito en árboles frutales para corregir una deficiencia, pero estos tratamientos no alteran la acidez del suelo. Estos productos también podrían utilizarse en fertirrigación.

### 9.6.6. Otros nutrientes.

El resto de los nutrientes no suelen presentar problemas en el olivar, salvo en casos muy concretos por una baja disposición en el suelo. El **fósforo** es un elemento importante en la fertilización de cultivos anuales, pero en el caso de cultivos perennes y leñosos su importancia relativa disminuye por la facilidad de reutilización de ese elemento y las bajas extracciones, que en el caso del olivar se cifran en 0,7 g P/kg de aceituna. La falta de respuesta al abonado fosfórico es un fenómeno general en el olivar. No obstante, en caso de deficiencia puede aportarse una cantidad tentativa de 0,5 kg P/árbol que habría que corregir en función de la respuesta del árbol indicada por los análisis foliares. El **magnesio** es un elemento que suele encontrarse en cantidades importantes en la disolución del suelo, con un comportamiento en el mismo similar al del calcio. En el caso de suelos ácidos podrían encontrarse deficiencias que habría que corregir tratando de neutralizar la acidez como en el caso del calcio, pudiéndose emplear carbonato magnésico. En suelos neutros y arenosos el sulfato magnésico puede ser apropiado en caso de diagnosticar la deficiencia. Hay que considerar que en ocasiones las deficiencias en magnesio pueden ser inducidas por altas concentraciones de potasio, calcio y amonio, pues esos iones compiten en la solución del suelo. Si la relación K de cambio/Mg de cambio es superior a 1, cabe esperar que se produzcan esas deficiencias.

Respecto a los micronutrientes, las cantidades requeridas por el olivo son aún menores que de otros elementos y los suele tomar con facilidad de la solución del suelo. El **cobre** suele presentarse con unos niveles altos en hojas de olivo, pues se aporta normalmente como producto fungicida en el olivar. Del **manganeso** y del **cinc** se conoce muy poco en relación con el olivo, pues suelen encontrarse en hoja en niveles adecuados. Las posibles deficiencias deben tener un alcance local. Las enmiendas que traten de bajar el pH del suelo podrían poner estos elementos a disposición del árbol. La aplicación foliar de esos elementos en forma de sulfato o de quelatos puede probarse para corregir una posible deficiencia que no se corrija de otro modo, aunque en el caso del cinc habría que comprobar que no produce cierta fitotoxicidad. El cinc también podría aplicarse al suelo en forma de sulfato.

La Tabla 6 resume las prácticas recomendables y no recomendables de fertilización del olivar considerando los aspectos tratados con anterioridad y las directrices dadas por la IOBC (10) para la producción integrada del olivo.

**Tabla 6. Prácticas recomendables y no recomendables de fertilización del olivar**

Recomendables	No recomendables
1. Determinar las necesidades nutritivas mediante el análisis foliar	1. Abonar si no lo indica el análisis foliar, salvo la corrección de clorosis férrica para la que el análisis no resulta efectivo
2. Tomar las hojas en verano, durante el mes de julio	2. Realizar un abonado anual de mantenimiento con nitrógeno

3. Aportar un nutriente únicamente si se encuentra cercano a la deficiencia	3. Aportar más de 150 kg de nitrógeno por hectárea en caso de deficiencia
4. Fraccionar la aplicación de nitrógeno. Si se aplica al suelo hay que aplicarlo en toda la superficie y enterrarlo con una labor o incorporarlo mediante el agua de lluvia o de riego	4. Aplicar todo el nitrógeno en una sola aportación
5. Fraccionar la aplicación foliar de potasio. Si se aplica al suelo debe localizarse en profundidad, junto a las raíces.	5. Aplicar nitrógeno durante el reposo invernal
6. Realizar las aplicaciones foliares preferentemente en primavera, cuando aún hay hojas jóvenes tiernas	6. Inyectar hierro al tronco de los árboles durante la época de expansión foliar
7. Añadir agentes mojantes a las aplicaciones foliares y evitar realizarlas en las horas centrales del día, siendo preferibles las aplicaciones nocturnas si la evaporación es elevada	7. Aportar abonos compuestos o soluciones nutritivas con varios elementos minerales, salvo en casos excepcionales previamente diagnosticados

## 9.7. Referencias.

1. R. Fernández-Escobar, *Olivae* **109**, 13-22 (2008)
2. R. Fernández-Escobar, en *El Cultivo del Olivo*, D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo, Eds. (Mundi-Prensa, Madrid, 1997), cap. 9.
3. R. Fernández-Escobar, R. Moreno, M. García-Creus, *Sci. Hortic.* **82**, 25-45 (1999).
4. *Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes* (FAO, Roma, 1984).
5. M. A. Parra, R. Fernández-Escobar, C. Navarro, O. Arquero, *Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas* (Mundi-Prensa, Madrid, 2003).
6. H. Restrepo-Díaz, M. Benlloch, R. Fernández-Escobar, *Sci. Hortic.* **116**, 409-413 (2008).
7. R. Fernández-Escobar, G. Beltrán, M. A. Sánchez-Zamora, J. García-Novelo, M. P. Aguilera, M. Uceda, *HortScience* **41**, 215-219 (2006).
8. R. Fernández-Escobar, A. Ortiz-Urquiza, M. Prado, H. F. Rapoport, *Environ. Exp. Bot.* **64**, 113- (2008).
9. R. Fernández-Escobar, D. Barranco, M. Benlloch, *HortScience* **28**, 192-194 (1993).
10. "Guidelines for integrated production of olives", *IOBC/WPRS Bull.* **25** (2002).



## CAPÍTULO 10: REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE OLIVAR EN ANDALUCÍA

José Miguel Garrido<sup>1</sup>, Carlos Cabezas Soriano<sup>2</sup>, M<sup>a</sup> José Jiménez Moreno<sup>3</sup>,  
Victorino Vega<sup>4</sup> y M<sup>a</sup> Milagros Saavedra Saavedra<sup>5</sup>

1 Consultor en Agricultura Ecológica. C/ Vicente de los Ríos, 4 3º-A 14011 Córdoba. josemiguel.garrido@telefonica.net

2 API. Oleosalar. Camino del Turro S/N. 18310. Salar. Granada. Api.oleosalar@terra.es

3 ATPI Olivar. Casa de la Cultura. C/Juan Ramón Jiménez, 34. 41550 Aguadulce. Sevilla. atpiolivar@atpiolivar.org

4 IFAPA Centro "Alameda del Obispo". Apartado 3092. 14071 Córdoba. victorinoa.vega@juntadeandalucia.es

5 IFAPA Centro "Alameda del Obispo". Apartado 3092. 14071 Córdoba. mariam.saavedra@juntadeandalucia.es

### 1. Introducción

Si algo caracteriza al cultivo del olivar en Andalucía es su gran diversidad en muchos aspectos, tanto por el medio que ocupa como por las características de las plantaciones y técnicas de producción. En Andalucía conviven plantaciones antiguas al estilo tradicional, de secano, poco mecanizables y compuestas por árboles de varios pies, junto a plantaciones modernas e intensivas diseñadas para un máximo aprovechamiento del medio productivo y una mecanización eficiente. Las condiciones de orografía y edáficas del olivar en Andalucía son también muy variables yendo desde suelos con fuertes pendientes y poco espesor a suelos profundos en vegas muy fértiles, desde ácidos a muy básicos, con características físico-químicas muy distintas. En cuanto al clima, sin perder su carácter mediterráneo, las variaciones en la cantidad de lluvia disponible, en temperatura y en el riesgo de heladas también son notables dentro de la región. Todos estos aspectos, entre otros, han dado lugar a diferentes formas de producción, que han tratado de adaptarse a las condiciones biofísicas de cada comarca. La combinación de ese esfuerzo de adaptación a las realidades físicas del entorno, junto a las realidades sociales y de mercado, ha cristalizado en Andalucía en diferentes enfoques productivos. A partir de ahora los denominaremos de manera genérica **sistemas de producción**. Esta sección pretende ofrecer una descripción de los mismos, rastreando su origen, detallando su reglamentación y su incidencia sobre aspectos específicos de la sostenibilidad del cultivo, y ofreciendo una crítica razonada de los mismos que pueda contribuir a su mejora futura.

### 2. Sistemas productivos de olivar en Andalucía y su marco legal.

En Andalucía se distinguen, desde el punto de vista de reglamentación de las operaciones agronómicas, tres sistemas productivos en olivar. Dos de ellos son sistemas certificados y reconocidos por la Administración con denominación específica: **agricultura ecológica y producción integrada**, mientras que el tercero, denominado **producción convencional**, se define por exclusión, siendo aquel no incluido en ninguno de los dos anteriores [1].

## 2.1. Agricultura ecológica

La **olivicultura ecológica** (reconocida legalmente) se inicia en Andalucía a mediados de la década de 1980 [2] y desde entonces se ha expandido hasta alcanzar una extensión de unas 41.596,54 ha en el año 2008 [3]. La **agricultura ecológica** se define como un sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra, mediante la utilización óptima de los recursos naturales, excluyendo el empleo de productos químicos de síntesis y procurando un desarrollo agrario y ganadero sostenible. Este sistema de certificación abarca todo el sistema productivo, empezando por el tipo de insumos utilizados en agricultura, el manejo de las explotaciones agrarias, unidades de transformación, insumos y auxiliares tecnológicos utilizados en las industrias, normas de envasado y etiquetado, incluyendo las producciones animales y la producción de piensos. El marco legal de la agricultura ecológica en Europa se ha regido por el Reglamento (CEE) nº 2092/91 de 24 de junio de 1991, hasta su derogación y sustitución por el actualmente vigente Reglamento (CEE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 que regula la agricultura ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. En Andalucía, el Decreto 166/2003 de 17 de junio, sobre la producción agroalimentaria ecológica, designa a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía como autoridad competente a los efectos establecidos en los artículos 8 y 9 del Reglamento (CEE) nº 2092/91 del Consejo y la autoriza para dictar normas que establezcan requisitos complementarios. Una de esas normas es la referente a la certificación de los productos merecedores de la etiqueta que identifica a los productos ecológicos. Existen en Andalucía 4 entidades certificadoras de la agricultura ecológica [4], siendo todas ellas Organismos de Control Privados, sujetos a control tanto por la Autoridad de Control que es la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, como de ENAC (Entidad Nacional de Acreditación). El organismo de certificación mayoritario en Andalucía, para olivar ecológico es la Asociación Comité Andaluz de Agricultura Ecológica a través de su unidad de certificación, en adelante CERTICAAE.

Los criterios que se indican en el presente documento son los relacionados en la actual normativa en agricultura ecológica en vigor, que se definen en las siguientes fuentes:

- REGLAMENTO (CE) Nº 834/2007 DEL CONSEJO de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) Nº 2092/91.
- REGLAMENTO (CE) Nº 889/2008 DE LA COMISIÓN de 5 de septiembre de 2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) Nº 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.
- REGLAMENTO (CE) Nº 967/2008 DEL CONSEJO de 29 de septiembre de 2008, por el que se modifica el Reglamento (CE) Nº 834/2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos.
- REGLAMENTO (CE) Nº 1235/2008 DE LA COMISIÓN de 8 de diciembre de 2008, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) Nº 834/2007 del Consejo en lo que se refiere a las importaciones de productos ecológicos procedentes de terceros países.
- REGLAMENTO (CE) Nº 1254/2008 DE LA COMISIÓN de 15 de diciembre de 2008, que modifica el Reglamento (CE) Nº 889/2008, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) Nº 834/2007 del Consejo, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.

La reglamentación en Agricultura Ecológica, se caracteriza por ser común a todos los cultivos, es una reglamentación horizontal en tanto en cuanto a la no especificidad de cultivos, producciones ganaderas y acuícolas y es vertical, en tanto en cuanto abarca todos los procesos de producción, desde la producción de insumos, producciones animales y vegetales, unidades de transformación, envasado, etiquetado, comercialización e importadores de terceros países.\*

Los dos últimos reglamentos no hacen referencia directa al sistema de producción, pero son utilizados para la certificación por CERTICAAE en su Manual del Operador de Explotaciones Agrarias [5]. LA superficie de olivar ecológica en Andalucía se distribuye de acuerdo a la Tabla 1.

**Tabla 1: Distribución de la superficie de olivar ecológico en Andalucía. Fuente [3].**

PROVINCIA	Superficie olivar (Ha) 2008
ALMERÍA	858,49
CÁDIZ	2.119,25
CÓRDOBA	17.569,97
GRANADA	3.258,90
HUELVA	3.824,89
JAÉN	3.136,47
MÁLAGA	1.256,87
SEVILLA	9.532,10
<b>TOTAL</b>	<b>41556,94</b>

## 2.2. Producción integrada.

Andalucía es pionera en el sistema de **producción integrada**, el otro sistema productivo certificado en olivar existente en Andalucía. La **producción integrada** se define como el sistema agrícola de obtención de vegetales, que optimiza los recursos y los mecanismos de producción naturales, asegurando a largo plazo una agricultura sostenible. En ella se introducen métodos biológicos de control, químicos y otras técnicas que compatibilizan las exigencias de la sociedad, la protección del medio ambiente y la productividad agrícola, así como las operaciones realizadas para la manipulación, envasado, transformación y etiquetado de productos vegetales acogidos al sistema. No existe ninguna normativa específica europea que regule la **producción integrada**. En el ámbito nacional, el Real Decreto 1201/2002 de 20 de noviembre, regula la **producción integrada** de productos agrícolas; sin embargo, no existe ninguna normativa de ámbito nacional específica sobre **producción integrada** de olivar. En Andalucía, la **producción integrada** y sus productos agrarios y transformados se encuentran regulados por el Decreto 245/2003 de 2 de septiembre y el Decreto 7/2008 de 15 de enero, que modifica al anterior, y desarrollados por la Orden 13 de diciembre de 2004 y la Orden de 24 de octubre de 2005. El primer Reglamento de **producción integrada** para olivar se publica en Andalucía en el 1997, iniciándose este sistema de forma experimental con una superficie de 10.000 ha en el año 1999. A fecha de 2008 había 232.707 ha de olivar en **producción integrada** en Andalucía.

\* Este nuevo reglamento incluye normas de producción de setas, producción de algas, levaduras. Define el sistema de control, e incluso el sistema de comunicación de información entre todos los países de la Comunidad Económica Europea.



Actualmente en Andalucía la **producción integrada** de olivar se rige por la Orden de 15 de abril de 2008 de la Consejería de Agricultura, la cual contiene el Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar. Todos los operadores de **producción integrada** disponen de un servicio técnico que asesora y controla de forma interna conforme al reglamento publicado por la Consejería de Agricultura y Pesca. A su vez estos operadores son auditados y certificados por Entidades de Certificación Externas cuyo registro y autorización está regulado por la Consejería de Agricultura y Pesca que controla todo el sistema.

### 2.3. Producción convencional

Todas las actividades agrarias no certificadas como **agricultura ecológica** o **producción integrada** se denominan **producción convencional**. Sin embargo, este sistema de producción también está sometido a normativas legales que incluyen a cualquier forma de producción. Además, a partir del 1 de enero de 2006 todos los agricultores y ganaderos que reciban cualquier ayuda de la Política Agraria Comunitaria, reguladas por el Reglamento (CE) nº 1782/2003 que constituye la norma básica donde se recogen las disposiciones aplicables a las ayudas, están obligados a respetar en sus explotaciones una serie de normas referidas a la buena gestión del entorno natural, al bienestar animal, a la salud pública y a la sanidad animal y vegetal. Es lo que se entiende por “condicionalidad” y afecta en la práctica a todo el olivar en Andalucía, incluidos los dos sistemas certificados. La normativa que regula los sistemas certificados es más restrictiva, por lo que los criterios de condicionalidad suponen unas condiciones mínimas a cumplir en los olivares convencionales.

A fecha de escribir este trabajo, en Andalucía, las normas de condicionalidad se encuentran recogidas en la Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 5 de junio de 2007, y la Orden 16 de mayo de 2008 que modifica a la anterior, por la que se desarrollan los requisitos de aplicación de la condicionalidad en relación con las ayudas directas en el marco de la Política Agrícola Común. El control del cumplimiento de estas normas de condicionalidad es responsabilidad de la Consejería de Agricultura y Pesca mediante controles administrativos y sobre el terreno [6].

## 3. Regulación de las diferentes operaciones de cultivo.

### 3.1. Material Vegetal

El método de propagación tradicional en el olivar ha consistido en enterrar uno o varios trozos de madera de olivo de 4 a 5 años de edad directamente en el terreno de plantación. Cada trozo de madera emite raíces y brotes que, una vez seleccionados, conformarán el futuro árbol. Este método acusa entre otros el problema de formación de cuantiosas varetas que desfavorecen el crecimiento de ramas productivas y, que consecuentemente, el proceso de desvareto induce a la creación de heridas por donde tienden a introducirse los patógenos.

Actualmente la mayor parte del material vegetal que se utiliza en las nuevas plantaciones procede de plantas multiplicadas en viveros, bien a partir de estaquillas semileñosas autoenraizadas bajo niebla (nebulización), e incluso más recientemente por reproducción in vitro. Este tipo de plantas adelantan su entrada en producción y se forman con un solo tronco para facilitar las tareas de recolección mecanizada.

El sistema de **producción integrada** en general recoge la obligación de usar material vegetal con categoría certificada y procedente de productores oficialmente autorizados. En el caso del olivo recomienda el uso de material vegetal obtenido por métodos de enraizamiento bajo nebulización, con un buen sistema radicular, formado por un solo eje de 1 metro de alto y edad comprendida entre 1 y 1,5 años.

La normativa de **agricultura ecológica** es genérica, en el sentido de que no se refiere a ningún cultivo específico, pero indica que el material vegetal para injertos o reproducción vegetativa tiene que proceder de agricultura ecológica certificada, o en su defecto no haber recibido tratamientos con insumos no permitidos en esta reglamentación. La procedencia puede ser de la propia explotación o de un vivero. En el caso de que no se den las condiciones anteriores se puede solicitar al Organismo de Control autorización para usar otro tipo de material vegetal. En ningún caso se podrán utilizar variedades genéticamente modificadas. La normativa de **agricultura ecológica** no exime del cumplimiento de cualquier otra normativa en vigor que sea de aplicación al cultivo.

A nivel nacional se encuentra vigente el Real Decreto 1678/1999, de 29 de octubre que modifica el Real Decreto 929/1995 por el que se aprueba el Reglamento técnico de control y certificación de plantas de vivero de frutales, en el que se incluyen los requisitos de control y certificación de la calidad de las plantas de vivero de olivo. Se establecen controles de la verticilosis, tuberculosis y virus. No obstante, sigue sin existir una normativa que regule y acredite a una entidad para realizar la certificación del material vegetal o de los viveros. Lamentablemente, la realidad es que todavía se siguen haciendo plantaciones con árboles aparentemente sanos, asintomáticos, pero que llevan el inóculo de la enfermedad. Esto no puede atribuirse a mala intención por parte de los viveristas, sino a la dificultad material de realizar un control sobre todas las posibles fuentes de infestación para algunas enfermedades, en particular para la Verticilosis. Sigue siendo necesario poner a punto todos los métodos de evaluación y control a nivel de usuario, y profundizar en la investigación y desarrollo de las tecnologías relacionadas con el control sanitario de los plantones.

Para una mayor sostenibilidad sería provechoso preservar variedades autóctonas o características de determinadas zonas de tradición olivarera (Picudo, Chorrúo y Pajarero en Córdoba, lechín de Granada, etc...), con el objeto de preservar la variabilidad genética para futuras generaciones.

### **3.2. Preparación del terreno**

Antes de proceder a la plantación de olivar es importante preparar el terreno acorde a las características climáticas, edáficas y ecológicas del mismo. Como en cualquier plantación de tipo frutal o forestal, hay que procurar unas condiciones de suelo que favorezcan el des-

arrollo y expansión de las raíces. Sin embargo, en muchas ocasiones, la estabilidad del terreno no permite determinadas labores preparatorias que tradicionalmente se han hecho siguiendo un plan prefijado (subsolado, desfonde, despedregado, eliminación de malas hierbas, drenaje, abonado de fondo y alisado del terreno para facilitar el replanteo) porque en determinadas condiciones favorecen la erosión del terreno. Se debe realizar un estudio previo y observar la homogeneidad del perfil del suelo, profundidad máxima de las raíces vivas y la existencia de capas del suelo que puedan dificultar el desarrollo del sistema radical del olivo (compactación, mal drenaje, salinidad, etc.) y posteriormente hacer las correcciones más apropiadas. De esta manera disminuiríamos labores preparatorias, que sólo servirían en muchos casos para poner el terreno en condiciones de ser erosionado con más facilidad.

En terrenos con pendiente superior al 6% el problema de erosión y la pérdida de agua por escorrentía comienzan a ser muy graves [7]. Lo idóneo para estas plantaciones es la disposición de la misma siguiendo las curvas de nivel, ya que al labrar o establecer coberturas vegetales por el centro de las calles, favorece la formación de terrazas que contribuyen a conservar el suelo y el agua. Sin embargo, este tipo de plantaciones en curvas de nivel ocasiona problemas al realizar otras operaciones porque obliga a utilizar una anchura de calle variable. Por ello se considera suficiente realizar una plantación a marco regular y diseñarla de forma que se procure la circulación sobre calles dispuestas “casi” perpendiculares a la pendiente, con las limitaciones que imponen el sentido común y las condiciones de seguridad en el trabajo para los tractoristas y trabajadores en general.

Serían prácticas muy recomendables, y en muchos casos imprescindible, la disposición de la plantación en terrazas o bancales en terrenos con pendientes superiores al 12 y 25% respectivamente, en los que se acentúan la gravedad de la erosión y la pérdida de agua por escorrentía de manera que se llega en muchas ocasiones a la pérdida total del suelo. Estas prácticas favorecen la diversificación del medio, mediante el establecimiento de franjas de vegetación espontánea en los taludes. Un buen bancal o terraza corrige y evita la pérdida de suelo y el aterramiento de cauces y pantanos. Sin embargo en la normativa actual de **condicionalidad** se limitan estas prácticas que han sido tradicionales y han permitido conservar ecosistemas agrarios de gran valor productivo y ambiental. En plantaciones tradicionales de “olivar de sierra” son frecuentes las correcciones hidrológicas a base de gaviones de piedra dispuestos transversalmente a la pendiente, con dos funciones: una la eliminación de las piedras del horizonte superficial, que dificultaban las labores (que tradicionalmente se realizaban con arados de tiro animal); y la segunda la de retener el terreno y disminuir la escorrentía del agua de lluvia. Por desgracia hay quien elimina estas estructuras, enterrándolas *in situ*, pretendiendo facilitar el paso de maquinaria, y consiguen el efecto contrario en menos de cinco años, ya que en estos lugares se producen cárcavas de tal magnitud, que impiden el paso incluso a pie.

Para una mejor sostenibilidad del olivar sería conveniente rediseñar las plantaciones en el sentido de volver a recuperar lindes de fincas con setos arbóreos y arbustivos naturales. Revegetación de bordes de caminos con especies autóctonas. Recuperación de vegetación de rivera en bordes de ríos y arroyos que discurren por zonas olivareras, por múltiples razones fundamentales; enumeramos algunas de ellas:

- Disminuir los efectos de la erosión.
- Incrementar la recarga natural de acuíferos de las propias zonas olivareras.
- Diversificación de paisaje
- Restauración natural de ecosistemas, etc.



Figura 1: Gavión realizado en mampostería de piedra seca, paraje de Arroyo Hondo. Obejo (Córdoba). Abril, 2004. Foto José Miguel Garrido.

La normativa de **condicionalidad** limita las labores en recintos con pendientes medias iguales o superiores al 15%, excepto cuando se adopten formas de cultivo especiales como son los bancales. Recinto se define como parte de una parcela agrícola según queda descrita describe en la normativa que regula las ayudas de la Política Agraria Comunitaria (PAC). No obstante, incluye un apartado cuyo objetivo es mantener la estructura del terreno, tales como linderos y otros elementos, por lo que para establecer estructuras aterrazadas o aban-caladas habría que solicitar autorización a la administración competente.

Esta normativa, **condicionalidad**, restringe especialmente aquellos movimientos de suelo que supongan desmontes superiores a 2 metros y la eliminación de bancales o ribazos en recintos de regadío de altura superior a 1 metro. En ambos casos la pendiente resultante del recinto debe seguir la línea de máxima pendiente y debe ser inferior al 10% además de afectar a una superficie no superior a 5 hectáreas.

La normativa de **producción integrada** va más lejos, restringiendo las labores en recintos con pendientes medias iguales o superiores al 10% y obligando a adoptar prácticas de cultivo especiales como el abancalamiento, cultivo en fajas, o laboreo de conservación con cubiertas vegetales vivas o inertes; haciendo especial mención a la protección de las estructuras de taludes o bancales y considerando práctica obligatoria el evitar labores que perjudiquen a su estructura.



Figura 2: Olivar en terrazas en Nueva Carteya (Córdoba). Noviembre 2005. Foto José Miguel Garrido.

En **agricultura ecológica**, la preparación del terreno estaría encuadrada dentro de los criterios específicos de certificación en cuanto a fertilización y conservación de suelo, los cuales establecen que las labores necesarias para realizar la plantación no podrán ocasionar erosión y pérdidas de suelo. Se ha observado que la labor de vertedera con yunta de mulo en la que el volteo de la tierra se realiza en bandas alternas, de forma que en cada recorrido una franja de terreno se voltea sobre otra que queda intacta, creando unas microterrazas que tienen una respuesta beneficiosa para la conservación del suelo.



Figura 3: Labor con vertedera de tiro animal (yunta de mulos) en curvas de nivel en La Sierrezuela, Obejo (Córdoba). Mayo 2004. Foto José Miguel Garrido.

La realidad es que muchos problemas de erosión podrían prevenirse con un adecuado diseño de la plantación, pero otros criterios de tipo económico los hacen inviables en la actualidad. La dificultad de mecanización de las operaciones de cultivo y de la recolección en plantaciones oliveras establecidas en terrazas o bancales, unidos a los gastos en la preparación del terreno, hacen que estos diseños sean poco utilizados. Además tampoco existe en la actualidad una normativa que fomente su establecimiento, al contrario, las Administraciones medioambientales ponen trabas a la realización de estas prácticas, e incluso las sancionan.

En cuantos a técnicas complementarias de conservación de suelo tanto en **agricultura ecológica** como en **producción integrada** se establece la conservación de setos y límites de finca, que no solo facilitan el control de la escorrentía, y por ende el control de la erosión, sino que conforman un refugio natural o hábitat para depredadores naturales de las plagas del olivar, aunque también pueden serlo de organismos dañinos para el cultivo. Será un equilibrio de intereses y la necesidad de conservar los recursos no renovables los que nos hagan establecer los límites de manejo de esos linderos, como por ejemplo, la eliminación de plantas invasoras del cultivo o plantas huéspedes de determinadas plagas.



Figura 4: Olivar con setos y "lindones" en Zahara de la Sierra (Cádiz), que controlan la erosión y facilitan un hábitat natural a especies depredadoras. Noviembre 2005. Foto José Miguel Garrido.



Figura 5: Detalle de un seto natural de encinas en Nueva Carteya, Córdoba (julio 2005), a la izquierda de la imagen olivar convencional, a la derecha y base de la foto, olivar ecológico con manejo de cubierta vegetal. Foto: José Miguel Garrido.

### 3.3. Diseño y densidad de plantación

Es característica de los olivares tradicionales en Andalucía, las plantaciones de dos, tres y más troncos por árbol. Este paisaje se va transformando con la llegada de la olivicultura moderna que proponía la sustitución de los tradicionales 60 u 80 árboles de tres troncos por hectárea por plantaciones de 200 a 250 árboles por hectárea, pero con un solo tronco. Las plantaciones densas tienen la ventaja sobre las tradicionales de un mejor aprovechamiento de la luz, agua y suelo, entrando rápidamente en producción, alcanzando a los 8-10 años de vida su plena capacidad productiva; además, tienen la ventaja de facilitar la mecanización del cultivo y especialmente de la recolección.

En la actualidad también se están realizando plantaciones dispuestas en hileras densas, formando setos. Estas plantaciones de alta densidad llegan a tener entre 800 y 2500 árboles por hectárea con las que se pretende obtener a muy corto plazo una producción abundante y conseguir la mecanización integral de la recolección de la aceituna, empleando para ello una máquina cosechadora, que permite reducir el empleo de mano de obra, minimizando los costes de cultivo. Este tipo de plantaciones tiene unos elevados costes de implantación y de mantenimiento, y requiere unos condicionantes técnicos muy especiales, tales como el disponer de variedades poco vigorosas, explotaciones de cierta dimensión y terrenos poco accidentados, regadío con abundante disponibilidad de agua y disponibilidad de la máquina cosechadora, lo que limita la expansión de este tipo de olivicultura a situaciones agronómicas muy concretas. Entre los cuidados que precisa para que resulte útil el empleo de la maquinaria específica para su recolección están la poda, a fin de garantizar un equilibrio entre actividad vegetativa y reproductiva, y el control de las plagas y enfermedades que pueden verse afectadas por la elevada densidad de vegetación y por los daños que infringe la máquina de recolección.

El diseño de nuevas plantaciones ha de reunir varias condiciones:

- facilitar la mecanización en general, y la recolección en particular, dado que éste es el capítulo de costes de más peso en la producción oleícola.
- facilitar las prácticas de cultivo y el tránsito de maquinaria.
- facilitar la aplicación de fitosanitarios.
- facilitar la lucha contra la erosión (implantación y manejo de cubiertas vegetales y labores)
- hacer posible el riego.

Dentro del sistema de **condicionalidad** derivado de las ayudas PAC no se hace una referencia explícita a las densidades de plantación, pero sí se especifica para recintos de secano con pendientes superiores al 15 % de pendiente la prohibición de arrancar olivos, salvo en aquellos casos en los que se necesite arrancar para replantar, y que por árbol arrancado se obliga a plantar otro en su lugar de la misma naturaleza (leñoso, aunque no sea de la misma especie), con escaso margen para incrementar la densidad. Esto condena a las nuevas plantaciones, si quieren seguir percibiendo las ayudas, a asumir unas premisas obsoletas que condenan a la nueva plantación a una baja rentabilidad en relación a las plantaciones más modernas que se realizan en otros países fuera de la UE (con costes de producción mucho menores) o en terrenos hasta ahora destinados a cultivos herbáceos, que podrán seguir disfrutando de



un régimen de ayudas de pago único. Y para todo ello habrá que solicitar autorización a la administración competente. En recintos llanos, no se especifica restricción ni limitación al número de plantas arrancadas y replantadas.

La normativa de **producción integrada** para el cultivo del olivo en Andalucía recomienda marcos de plantación que permitan densidades comprendidas entre 200-300 pies/has; manteniendo un espacio mínimo entre filas de 6 metros; además hace mención en prácticas obligatorias que si la plantación se encuentra establecida en bancales, la disposición de las filas será aquella que minimice la erosión, dejando la densidad a elección del buen criterio del técnico.

La normativa de **agricultura ecológica** por su parte no hace referencia expresa a la densidad de plantación.

Una densidad de plantación inadecuada, normalmente por escasa, va a limitar la rentabilidad de la plantación, haciéndola más dependiente de ayudas externas, y además dificultará el manejo e incluso prácticas de lucha contra la erosión. Lo ideal para evitar favorecer la erosión es la disposición de la plantación permitiendo que el tránsito a través de ella sea perpendicular a la pendiente, pero no siempre es posible. A veces la propia seguridad de los operarios obliga a moverse dentro de la plantación en el sentido de la máxima pendiente. La normativa europea (en su faceta de condicionalidad) hace actualmente imposible establecer un diseño y densidad apropiados al medio productivo cuando se trata de reconvertir un olivar viejo en pendientes superiores al 15%. La normativa no debería recoger ningún tipo de limitaciones a este respecto.

### 3.4. Poda

La poda es una práctica agronómica totalmente necesaria si se quiere mantener un equilibrio entre la actividad vegetativa y preproductiva del árbol en su etapa adulta consiguiendo de esta forma optimizar la producción, formarlos en su juventud acortando en lo posible el periodo improductivo y rejuvenecerlos en su vejez. Sin embargo a pesar de la gran importancia de esta práctica, las podas tradicionales suelen ser rutinarias, basadas en el empirismo local o de la zona, sin ninguna base biológica ni agronómica y con frecuencia abusivas. Suelen realizarse cada 2 o 3 años.

Con las actuaciones realizadas mediante la poda de formación durante los primeros años de la vida de los árboles, se pretende modificar la forma natural de su vegetación, vigorizando o restringiendo el desarrollo de las ramas con la finalidad de darles forma y conseguir la máxima productividad. Si el crecimiento de la plantación es vigoroso, al segundo o tercer año, una vez que los árboles nos han dado las primeras aceitunas, es el momento de realizar alguna intervención de poda que organice la copa del árbol y seleccione las futuras ramas principales, siempre con actuaciones de moderada intensidad. Esta es la forma de actuar, avalada por multitud de actuaciones en campo, y a veces no comprendida y seguida por los olivareros. No son admisibles podas de formación que al eliminar una parte importante del árbol ocasionen un desequilibrio en la relación hoja/raíz, debilitando la planta, disminu-

yendo su crecimiento y retrasando la entrada en producción. En olivos jóvenes se deben quitar las varetas o brotaciones adventicias de los troncos cuando estén aún poco desarrolladas y no se hayan lignificado.

Finalizada la etapa de formación, las intervenciones de poda deben ser mínimas con la finalidad de llegar lo más rápidamente posible al volumen de copa óptimo compatible con el medio productivo en el que vegeta la plantación, volumen que cuando la plantación ha alcanzado su óptimo desarrollo es constante e independiente de la densidad de plantación y se limitarán a pequeñas intervenciones de eliminación de ramas bajas que dificulten las aplicaciones de herbicidas, la realización de labores etc., o bien pequeños brotes en el interior de la copa. Cuando las plantas alcanzan este volumen óptimo se obtendrán las máximas cosechas, siendo además éstas de buena calidad. En olivar de aceituna de mesa se realizan podas severas de aclareo de ramos fructíferos como medio de conseguir frutos de mayor calibre, ya que éste tiene una gran importancia sobre la rentabilidad final del cultivo, dada la relación directa entre el precio percibido por el olivarero y el tamaño del fruto.

El momento idóneo para realizar la poda es la parada invernal, procurando efectuar el mínimo número de cortes posibles.

El riego, la fertilización y el control fitosanitario influyen en la productividad y la funcionalidad de las plantaciones. Es frecuente que se poden las plantaciones de riego con los mismos criterios que en secano, lo cual siempre ocasiona importantes pérdidas de producción, disminuyéndose permanentemente el potencial productivo de las plantaciones. Se ha de resaltar que la transformación de un olivar de secano a riego debe llevar aparejado un aumento de tamaño de los árboles, traduciéndose finalmente en una mayor producción. En el olivar de riego, las intervenciones de poda anuales muy poco severas que alteren escasamente el volumen de copa son las aconsejadas.

Los árboles con un único tronco de al menos un metro son aptos para la recolección mecanizada con los métodos disponibles que han demostrado ser eficaces hasta el momento, basados fundamentalmente en la vibración de troncos. El vaso libre es la forma más extendida de los nuevos olivares ya que se asemeja a la forma natural de desarrollo del olivo, intercepta una elevada cantidad de energía radiante y orienta las hojas y la superficie fructificante hacia la luz. Con la práctica de la poda conseguimos que el olivo tenga la forma apta para la recolección mecanizada, que en el caso de recolección con vibradores de troncos, ésta es con pocas ramas, pero rígidas y erguidas, y fructificación localizada en la zona media-alta de la copa, sin ramas péndulas.

Son numerosos los instrumentos utilizados en la poda del olivo, variando en función de la edad de los árboles, del grosor de las ramas a cortar, y del tipo de poda a realizar. De la correcta elección y buen uso por el podador del instrumento adecuado, depende no solamente la economía de la operación sino también, la idoneidad del trabajo realizado y la seguridad del mismo. Una herramienta bien afilada, ajustada y desinfectada evita problemas de desgarros, tocones y la transmisión de enfermedades entre olivos, como sería la transmisión de tuberculosis o verticilosis.

La disminución que en los últimos años se ha observado de personas dedicadas a las tareas de poda unida al aumento de la superficie de olivar hace que cada vez sea más difícil disponer de podadores experimentados. Este hecho, hace que muchos olivares se planteen la posibilidad de emplear sistemas de poda mecánica. Este sistema es un método de poda que recibe su nombre debido a que los cortes se realizan con ayuda de una máquina podadora de discos rotativos montada sobre un tractor de media potencia, que se mueve a velocidad constante por el centro de la calle, y que realiza cortes perpendiculares o con cierta inclinación con respecto a la superficie del suelo, o paralelos a dicha superficie

En **producción integrada**, la práctica de la poda debe mantener siempre los olivos con una relación hoja-madera alta y un volumen de copa compatible con las disponibilidades de agua, teniendo en cuenta que si la aceituna de la explotación de olivar es destinada a verdeo se permite un aclareo de mayor intensidad y si las aceitunas están destinadas a almazara no se deben hacer podas severas. En **producción integrada** se considera una práctica prohibida la trituración de restos de poda de árboles afectados por Verticilosis; y se recomienda la aplicación de un mastic cicatrizante en los cortes de poda, que acelere la cicatrización para evitar el ataque del abichado (*Euzophera pingüis*).

En **agricultura ecológica** en relación a la poda se hace referencia a la necesidad de aplicar cicatrizante en las heridas de poda con materias activas permitidas en la reglamentación para este uso con independencia del cultivo. No está permitida la eliminación de los restos de poda ni su destrucción, salvo que su no eliminación origine un problema fitosanitario (barrenillos, restos de plantas con enfermedades, etc.). En cuanto a la poda en cualquiera de los sistemas de producción, se tendría que realizar previamente a la época de nidificación de aves.

### 3.5. Fertilización, enmiendas de suelo

*Este apartado es abordado en mayor profundidad en la sección de Fertilización de esta misma obra, por lo que sólo destacaremos los aspectos relacionados con la producción integrada y la agricultura ecológica.*

Tradicionalmente el oliviero ha abonado el olivar sin identificar y analizar las necesidades nutritivas del olivar, haciéndolo de forma genérica y siguiendo cada año el mismo calendario de abonado o guiándose la experiencia de otros agricultores o comerciales de confianza. Además, en relación al resto de costes de cultivo del olivar, normalmente el abonado tiene un coste bajo, lo que incita al agricultor a abonar en exceso.

Actualmente numerosos olivares son aconsejados por técnicos especializados o por el servicio técnico de las Agrupaciones de Producción Integrada (APIs) a las que pertenecen, los cuales elaboran programas de fertilización, basados en la capacidad productiva del olivar y métodos de diagnóstico como el análisis foliar, que determina el estado nutritivo del olivar, y los análisis de suelo, que informan de las características, contenido y comportamiento de los distintos elementos nutricionales contenidos en el mismos. Estos programas de fertilización con base técnica procuran evitar la aplicación indiscriminada de fertilizantes. Esto re-

duce el peligro de contaminación de aguas subterráneas y superficiales, previenen desequilibrios nutricionales y optimizan el gasto de la explotación en fertilización.

En **producción integrada** el encargado de elaborar un programa de abonado es el propio servicio técnico de cada Agrupación (API), siguiendo como patrón las pautas y prácticas obligatorias, prohibidas y recomendadas que se marcan en el Reglamento de Producción Integrada de Olivar de Andalucía. En este documento se recogen prácticas obligatorias como las de elaborar un plan de abonado que tenga en cuenta la fertilización mineral, los análisis foliares y físico-químicos del suelo de las parcelas o unidades homogéneas de cultivo (UHC); indica el límite de extracciones de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, prohibiendo en cualquier caso superar en secano los 70 kg/ha de aportaciones de N en olivar tradicional y 100 kg/ha en olivar intensivo; siendo en el caso de riego, 120 y 150 kg/ha respectivamente.

En relación a las aplicaciones de Nitrógeno establece las siguientes restricciones:

- Se prohíbe realizar aplicaciones de N nítrico en los márgenes de las parcelas lindantes a corrientes de agua,
- Se prohíbe aplicar fertilizantes nitrogenados en los meses fríos del año sobre suelo desnudo de vegetación,
- Se recomienda que la aplicación de los fertilizantes nitrogenados sea con el mayor grado de fraccionamiento. Además esta aplicación se aconseja que se haga a la salida del invierno, cuando se prevean lluvias, y vía foliar en años secos.
- Es de obligado cumplimiento las normativas vigentes de aquellas explotaciones situadas en Zonas Declaradas Vulnerables a contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias:
  - Decreto 36/2008 de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.
  - Orden 18 de noviembre de 2008, por la que se aprueba el Programa de Actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Incluye dos correcciones posteriores a su publicación que la modifican de manera significativa. Aparecen en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía Nº 8 y 40 de los días 14 de enero y 27 de Febrero respectivamente.

En lo referente a enmiendas orgánicas la **producción integrada** recomienda aplicarlas para alcanzar un nivel de materia orgánica deseable, definido ese nivel deseable mínimo como el 1% en secano y el 2% en riego. Estos aportes orgánicos deben respetar los límites establecidos en cuanto a contenido de metales pesados, patógenos u otros productos tóxicos. Se realizará un análisis específico de metales pesados cuando su concentración así lo requiera. En **producción integrada** se prohíbe el aporte de purines y demás residuos semilíquidos de explotaciones ganaderas, del uso de lodos de depuradoras y residuos sólidos urbanos.

La normativa de **agricultura ecológica** hace referencia expresa a las materias activas permitidas tanto de origen orgánico como no orgánico. De forma genérica tendrán que ser de procedencia orgánica, salvo que sean sustancias que estén contempladas en el Anexo I, del Reglamento CE 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008. Se limita el uso de Nitrógeno a un máximo de 170 kg. por hectárea y año, salvo los casos en que exista otra normativa adicional (por ejemplo zonas vulnerables a la contaminación por nitrógeno) en el

total de incorporaciones, tanto foliar como en suelo o por pastoreo, quedando recogida en el reglamento en el anexo VII, la equivalencia a UGM de cada una de las especies más habituales (équidos, caprino, porcino, ovino, etc.). El cálculo de las unidades de nitrógeno por tipo de estiércol está recogido en la tabla de los Criterios Específicos de Certificación de CERTICAAE. El estiércol no se podrá aplicar directamente al suelo de olivar si no ha pasado por un periodo de compostaje no inferior a seis meses. En el caso de cultivos anuales este periodo se reduce a tres meses. En la unidad de producción, no se podrá aplicar estiércol fresco o pastorear con ganado tres meses antes de la recolección. Y cuando se realice fertilización con abono verde se tendrán que cumplir los siguientes condicionantes:

- La densidad de plantación, no debe ser inferior a 10 plantas/m<sup>2</sup>.
- Es obligado el uso de leguminosas como abono verde al menos uno de cada cinco años.
- En el caso de leguminosas, tendrán que mantenerse en el terreno al menos tres meses desde la emergencia.
- Los restos del abono verde procedente del cultivo de leguminosas, tendrá que esparcirse o enterrarse en el terreno de la unidad de producción.

La fertilización mínima que se tendrá que aplicar anualmente tendrá que cubrir al menos la cantidad de fertilizante extraída por la cosecha anterior.

### 3.6. Riego

El olivo es un árbol de clima mediterráneo, cultivado tradicionalmente en condiciones de secano con producciones aceptables y capaces de sobrevivir a períodos de notable sequía. Sin embargo se ha comprobado en las últimas décadas que la práctica del riego aumenta de forma considerable la productividad del olivar, incluso con pequeñas aportaciones de agua. El aumento de la superficie regada de olivar ha llevado a un conflicto de intereses por el uso del agua con respecto a otros cultivos y otros usos distintos al riego, debido a la escasez estructural de recursos hídricos en la región [10]. Los agricultores toman conciencia de la escasez del agua de riego y del uso racional que deben hacer de ella y aplican principalmente el sistema de riego localizado de alta frecuencia, fundamentalmente por goteo. Pero el riego no se realiza eficazmente cuando existen limitaciones a las concesiones anuales y en los turnos de riego, que en muchos casos se alejan considerablemente de lo que sería óptimo para el cultivo, obligando a aplicar altas dosis de agua con frecuencias menores. En caso de captación propia también queda condicionado a los momentos del día donde la energía para la puesta en funcionamiento del bombeo y la instalación de riego es más económica. Los problemas estructurales de captación y dotación de agua en las zonas olivereras, conllevan a no cubrir las necesidades de agua para máxima producción, aplicándose riegos deficitarios en la mayoría de las situaciones, por lo que es imprescindible su programación para optimizar los recursos, pudiéndose consultar a este respecto la sección de riego de esta misma obra.

Las prácticas obligatorias referentes a riego consideradas en **producción integrada** de olivar en Andalucía, obligan a la elaboración de programaciones de riego para cada explotación para decidir qué cantidad de agua se debe aportar, considerando el estado del cultivo, de las características físicas del suelo y del contenido de agua de éste. Para su cálculo se utilizan

métodos como el del balance de agua teniendo en cuenta la reserva de agua del suelo u otros métodos técnicamente aceptados. Obliga a que en años con dotaciones normales de agua y valores de conductividad eléctrica superiores a 2,5 dS/m emplear una fracción de lavado complementaria a las dosis normales de riego. Además de utilizar técnicas de riego deficitario en situaciones de baja disponibilidad de agua, teniendo en cuenta los momentos críticos para el olivo, también recomienda los niveles de los parámetros que el agua de riego debe tener, así como el uso de instrumentos para controlar la humedad del suelo: tensiómetros, sondas tipo watermak, TDR o FDR; y sondas para controlar la conductividad de la solución. En lo referente a la instalación del sistema de riego recomienda sistemas de riego localizado cuyo Coeficiente de Uniformidad (CU), esté comprendido entre los valores establecidos en función de la separación entre emisores y la pendiente del terreno, con el fin de minimizar pérdidas de agua innecesarias, y técnicas de fertirrigación, así como el mantenimiento y adecuación de los sistemas de filtrado. El sistema de **producción integrada** obliga a disponer de analíticas expedidas por laboratorios autorizados que evalúen la calidad del agua de riego, atendiendo a características químicas y bacteriológicas con el objeto de evitar el riesgo de contaminación. En el caso de que se utilicen aguas residuales depuradas es obligatorio disponer de un análisis bacteriológico al menos una vez al mes. En cumplimiento con la normativa vigente, el oleicultor que hace **producción integrada** está obligado a disponer de la correspondiente concesión de uso del agua. Se prohíbe el uso de aguas con características intolerables para el olivo, así como también el uso de riegos a manta, surcos y aspersión, excepto en riegos puntuales de apoyo en olivar de secano.

En **agricultura ecológica** no podrán utilizarse para el riego aguas residuales, ni aquellas que tengan presencia de contaminantes tantos procedentes de la propia explotación, como que provengan de contaminación ambiental o fuentes de contaminación ajenas a la explotación. Asimismo, el consumo de agua, los equipos e instalaciones implicados en el sistema de riego no podrán tener fugas o pérdida de agua, que provoque gasto innecesario. El sistema de riego se tendrá que mantener en perfecto estado de limpieza, para evitar la presencia de contaminantes. Se podrá utilizar para la limpieza de los sistemas de riego localizados, ácido nítrico al 1%, pero sólo con este fin.

### 3.7. Plagas y Enfermedades

El olivo constituye la parte más importante del agroecosistema del olivar, en el que confluyen factores abióticos (no vivos) y factores bióticos (vivos). La modificación de uno de estos factores afectará al conjunto. Esa afección a veces resulta imperceptible para el agricultor, otras en cambio se manifiesta claramente, pudiendo ser tanto positiva como negativa. Por ejemplo, la aplicación de un insecticida contra la polilla (*Prays oleae*) no sólo afecta a este insecto sino que puede destruir insectos auxiliares que tienen controlada a otra plaga como la cochinilla, que inmediatamente se potencia. El agrosistema de olivar en su conjunto, en comparación con otros cultivos, puede considerarse que está bastante equilibrado desde el punto de vista fitosanitario, porque los controles de plagas y enfermedades no han sido tan intensivos hasta ahora y en general el número de tratamientos que se realizan es bajo. También en comparación con otros agroecosistemas más intensificados el olivar es un agrosistema relativamente diverso, donde alcanzar un equilibrio es más fácil que en otros tipos de cultivos.

Las plagas principales del olivo continúan siendo las mismas desde que se inició su cultivo: la mosca del olivo y el prays. La cochinilla, tercera en importancia, se ha potenciado a raíz de controlar las dos anteriores. No obstante, con la progresiva intensificación y el cambio de técnicas de cultivo están apareciendo nuevos problemas o agravándose algunos existentes: gusanos blancos en las arenas, cochinillas, acariosis, abichado, etc. [7]. Otras plagas secundarias son el barrenillo, barrenillo negro, polilla del jazmín, abichado, acariosis y de importancia local o temporal son la serpetta, parlatoria, algodón, otiorrinco, gusanos blancos, etc...

Las enfermedades más relevantes en el cultivo del olivo son la verticilosis, prácticamente desconocida por el agricultor hace veinte años, cuyo agente podría haber existido anteriormente sin llegar a manifestarse severamente [7], que está considerada la enfermedad más grave por no existir actualmente métodos de control del hongo en olivos ya afectados, y el repilo, que está muy extendida y suele controlarse de forma preventiva cada año. En segundo lugar son importantes la tuberculosis, la antracnosis, el emplomado, la negrilla, etc.

En la secciones correspondiente de esta misma obra se comenta el estado actual de los métodos de control de estas plagas y enfermedades, tanto químicos como biológicos o culturales, y se detallan aspectos de su biología.

*La preocupación de la sociedad por la aplicación de fitosanitarios en agricultura ha ido generalizándose en los últimos años. Por ello se han venido implantando en diferentes países sistemas de control integrado de plagas (IPM), tratando de minimizar su uso y haciéndolo solo cuando es estrictamente necesario y con el mínimo riesgo. En un paso más, una organización no gubernamental, la Organización Internacional para la Lucha Biológica (OILB, IOBL), estableció las primeras directrices y los primeros planteamientos para la incorporación del "control integrado" o "lucha integrada" como base de los sistemas productivos para el establecimiento de un sistema agrícola sostenible. En España, otra organización no gubernamental la Asociación Técnica de Producción Integrada de Olivar (ATPIOlivar) que aglutina a más de 4500 socios, olivareros y técnicos, sensible a estos problemas, promueve la producción integrada en olivar, la cual incluye el control integrado.*

*Las administraciones públicas han ido incorporando sus preocupaciones sobre el uso sostenible de fitosanitarios en diversos documentos, y progresivamente éstos han ido plasmándose en normas y leyes. A nivel europeo, el documento "Estrategia europea para el desarrollo sostenible" presentado por el Presidente de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo Europeo en 2001, contempla como objetivos fundamentales, en el ámbito que nos ocupa, la seguridad y calidad agroalimentaria y la reducción del empleo de sustancias agroquímicas. Esto se concreta aún más en la comunicación de la Comisión Europea al Consejo y Parlamento Europeos emitida en 2002 y titulada "Hacia una estrategia temática para el uso sostenible de plaguicidas". Entre sus objetivos señala: reducir los riesgos del uso de los plaguicidas para la salud y medio ambiente, mejorar los controles sobre su uso, fomentar las prácticas agrícolas con uso reducido de plaguicidas así como disminuir el empleo de materias activas nocivas, en particular por la sustitución de las más peligrosas por alternativas más seguras, incluidas las de índole no química. [8]. Más recientemente se acaba de aprobar resolución del Parlamento Europeo y del Consejo para la adopción de una Directiva Europea, sobre uso sostenible de plaguicidas.*

En 1983, una orden del Ministerio de Agricultura extendió y consolidó la creación de las ATRIAS (Agrupaciones para Tratamientos Integrados), precursoras del establecimiento del “Control Integrado” en España, siendo pioneros en Andalucía, y posteriormente han derivado a las llamadas Agrupaciones de Producción Integrada (APIs, en Andalucía, o APRIAs, en otras Comunidades autónomas). A nivel nacional, el art. 41 de la Ley 43/2002 de Sanidad Vegetal, indica que en el control de plagas y enfermedades de los cultivos, deberán observarse los principios de la lucha integrada que resulten aplicables. Actualmente, la protección integrada se establece como patrón en las agriculturas sostenibles incluida en los Reglamentos de Producción Integrada y de Ecológico.

La **producción integrada** se plantea la protección contra plagas y enfermedades dentro del marco del desarrollo sostenible y la preservación de los recursos naturales, no tratándose de una simple combinación de la lucha química con la biológica, sino de la “integración” de todas las técnicas adecuadas para el manejo de plagas, y por extensión, de enfermedades, con los factores naturales reguladores y limitantes de sus poblaciones en el ecosistema. En estas condiciones el uso de fitosanitarios constituye el último recurso y sólo se recurre a ellas cuando las medidas preventivas o culturales resultan insuficientes. Un técnico competente será el encargado de realizar las tres etapas de la protección integrada y aplicar la estrategia de lucha más eficaz, según los criterios que se recogen en el cuadro nº 3 del Reglamento de Producción Integrada de Olivar en Andalucía. Partiendo de ese principio, esta estrategia se fundamenta en tres etapas esenciales:

- La *estimación del riesgo o vigilancia*. Se realiza un seguimiento según protocolos establecidos, de las poblaciones de plagas y auxiliares, de la fenología y de las condiciones climáticas, evaluando así su situación fitosanitaria y los posibles riesgos. Proporciona la información pertinente para decidir acerca de la conveniencia de una intervención.
- *Criterios de intervención*. En el caso de plaga se juzga si existe riesgo para el cultivo o no, y para decidir si es necesario intervenir con algún método de control se sirve del umbral de tolerancia; en el caso de enfermedades la decisión de intervenir se toma evaluando el nivel de enfermedad y los factores climáticos y fenológicos que puedan influir en su desarrollo.
- La *elección del método de protección*. Se selecciona aquella estrategia de lucha más selectiva y menos tóxica que minimice los efectos nocivos para el hombre, para las especies cinegéticas, para el ganado y para el medio ambiente en general. Se da prioridad a los medios y técnicas de protección natural, biológica y biotécnica y a métodos específicos de lucha, minimizándose todo lo posible el uso de plaguicidas.

En el sistema de **producción ecológica** se utilizarán principalmente medidas preventivas, como pueden ser labores para interrumpir el ciclo de especies plaga que se refugian en el suelo, establecimientos de hábitat de depredadores (setos), sueltas de insectos auxiliares o uso de plantas cebo, trampas, etc. Para prevenir enfermedades se utilizarán medidas como podas para airear el árbol y evitar humedad excesiva, sellado de heridas de poda, etc. En el caso de falta de control y persistir el problema se podrán utilizar las materias activas que se indican en el Anexo II, del Reglamento CE 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008. Estas medidas resultan eficaces, sobre todo cuando se aplican a un territorio extenso. Por ejemplo, se ha constatado a través de las ATRIAS que en Alcaudete (Jaén) en últimos años



ha habido una menor incidencia de mosca del olivo en fincas de Agricultura Ecológica que en el resto de fincas convencionales de la zona.

No obstante, aunque las medidas preventivas y de control biológico tienen un grado de efectividad de medio a alto, no resuelven todos los problemas que se plantean en todos los lugares. Por tanto, fuera de la **producción ecológica**, se sigue dependiendo de los productos fitosanitarios. Como consecuencia de lo anterior, en la realidad, no se puede renunciar totalmente al uso de estos productos sin correr el riesgo de ocasionar graves trastornos a las producciones agrícolas. En ocasiones se plantea el tratamiento químico como el principal enemigo de la seguridad medioambiental, pero el empleo de fitosanitarios es una tecnología a la que no tiene por qué renunciar la sociedad, forma parte del bagaje de conocimiento e innovación de la humanidad, aunque se aprecia la necesidad de seguir potenciando la investigación y experimentación en entomología y patología aplicadas para facilitar la integración de todas las técnicas de control de plagas y enfermedades, mejorarlas continuamente y hacerlas plenamente efectivas. Los riesgos que entraña una aplicación de un fitosanitario en cualquier caso deben ser evaluados, y para ello los organismos responsables autorizan o no su uso, junto con lo que es también muy importante, el momento en que se aplica y la técnica y las condiciones en que se realiza.

### **3.8. Manejo y cobertura de suelo**

El olivar, por la diversidad del medio en que podemos encontrarlo y la diversidad de tipologías de plantaciones y de manejo, ostenta una gran diversidad de especies vegetales. Sin embargo esta flora o “malas hierbas” establece una fuerte competencia por agua y nutrientes con el árbol. El agricultor percibe y conoce empíricamente la elevada capacidad competitiva de las malas hierbas.

Tradicionalmente el olivar se labraba poco, generalmente una vez al año, y con tracción animal, y se enterraban las hierbas que se producían entre labor y labor. A partir de la década de los 1950's se extiende el uso masivo de tractores que permiten un laboreo más frecuente e intenso, lo cual permite un mejor control de la vegetación adventicia, controlando su competencia, e incrementando la productividad. Esto también ocasiona una reducción del contenido de materia orgánica de los suelos, una degradación de los mismos y una erosión acelerada. Esta mineralización de la materia orgánica de los suelos debida a su laboreo intensivo ocasiona una liberación de nutrientes que aunque efímera puede contribuir a aumentar la productividad durante unos años y confundir al agricultor que asocia laboreo con mejora productiva. Sin embargo, la degradación del suelo acaba contribuyendo a ocasionar o empeorar los problemas de erosión, sobre todo hídrica, en un plazo más o menos breve dependiendo de las condiciones del olivar. Para evitar la erosión se han propuesto técnicas de no laboreo, eliminando por completo las malas hierbas, pero proporcionando un acolchado que protege al suelo y aporta materia orgánica mediante restos de poda o incluso a la hoja caída de forma natural. Este sistema facilita la recolección de la aceituna que cae al suelo de forma natural, y abarata costes. Este funciona correctamente y corrige los problemas de erosión en algunos casos, sobre todo en pendientes moderadas y olivares que produzcan mucha poda y hoja, pero no en otros donde la productividad es baja y por tanto el aporte

orgánico de las hojas y restos de poda resultan insuficientes. Para paliar este problema se han desarrollado sistemas que mantienen cubiertas las calles de la plantación, aunque sólo durante el periodo comprendido entre otoño y principios de primavera, cuando se suele producir un exceso de lluvia, y por tanto escorrentía y erosión, y el árbol se encuentra en reposo, de forma que la competencia por agua y nutrientes es baja. Esta cobertura vegetal, ya esté constituida por flora espontánea o por algún cultivo sembrado expresamente para cubrir el suelo y aportar materia orgánica, debe ser controlada en verano para evitar una excesiva competencia y pérdidas de cosecha. Los métodos de control son diversos: labores, siegas, desbrozados, pastoreo o tratamientos con herbicidas. Esta cobertura vegetal constituye además una barrera que impide o dificulta el arrastre de partículas y la escorrentía de aguas que pudieran estar contaminadas por los fitosanitarios que se aplican al olivo o al suelo. En determinadas zonas de olivar de baja productividad marginal, el manejo de ganado ovino en el olivar es el método más rentable y eficiente en zonas de olivar de montaña (caso de la comarca de Los Pedroches), dado que se realiza un control de hierba efectivo, se realiza un control de la varetas, y se realiza simultáneamente fertilización.

La normativa de **condicionalidad** derivada de las ayudas PAC, establece diversas normas exigibles con el fin de:

1. Evitar la erosión.
2. Conservar la materia orgánica del suelo.
3. Evitar la compactación y mantener la estructura de los suelos.

Atendiendo a la erosión, la normativa de **condicionalidad** establece que no podrá labrarse en aquellos recintos de olivar con pendientes medias iguales o superiores al 15%, excepto cuando se formen estructuras abancaladas. En el caso que se deban ejecutar labores verticales de más de 20 cm de profundidad es imprescindible solicitar permiso a la Administración correspondiente. Explica que éste será un requisito compatible con el establecimiento y mantenimiento de cultivos y/o cubiertas vegetales (vivas o inertes) entre las hileras de los cultivos leñosos. En el caso de existir bancales no se podrán realizar labores que afecten a la estructura de los mismos.

En cuanto a la cobertura mínima del suelo, hace referencia a aquellos recintos de olivar (tal y como estén definidos en aplicación de la PAC) con pendiente media superior al 10% que mantengan suelo desnudo en el ruedo de los olivos mediante aplicación de herbicidas, estableciendo la exigencia de mantener una cubierta vegetal viva o inerte, de restos de poda y/o piedras, en las calles transversales a la línea de máxima pendiente. Aclara que la cubierta vegetal podrá disponerse de forma paralela cuando el diseño del sistema de riego y/o parcela impida su establecimiento en otra dirección. Establece que el ancho mínimo de la cubierta deberá ser de 1 metro, y deberá mantenerse hasta que comience a competir con el cultivo. Identifica áreas con elevado riesgo de erosión, aquellos recintos con pendientes medias superiores al 35% y longitud en la dirección de la máxima pendiente mayor a 75 metros. Para estas áreas exige que se procurará mantener el suelo permanentemente protegido por una cubierta vegetal. Tanto para los recintos de olivar en pendientes superiores al 10% como en áreas con elevado riesgo de erosión, se podrán realizar labores que supongan profundizar más de 20 cm, y el levantamiento de la cubierta si antes es solicitado a la Admi-

nistración competente. Otra condición que dispone es el mantenimiento de las terrazas de retención. Indica que deberán mantenerse en buen estado de conservación y con capacidad de drenaje, así como los ribazos y caballones existentes, evitando los aterramientos y derrumbamientos y muy especialmente la aparición de cárcavas, procediendo a su reparación o a adoptar las medidas necesarias para su recuperación.

En relación a la conservación de la materia orgánica del suelo establece que no se podrá proceder a la quema de los restos de poda a no ser que existan problemas de infecciones fitosanitarias, cuya autorización habría que solicitar a la Administración competente. En condiciones de suelos encharcados o saturados, no se permite realizar laboreo ni el tránsito de vehículos sobre el terreno. La excepción sería en los casos de operaciones de recolección, abonado de cobertera, tratamientos fitosanitarios y otras operaciones culturales, así como de manejo y de suministro de alimentación al ganado y que coincidan en épocas de lluvia. En todos los casos esta condición se evaluaría por la presencia de huellas de rodadura de vehículos de más de 15 cm de profundidad y el 25% de la superficie del recinto para el caso de recolección de cosechas y 10% en el resto de actividades.

Las prácticas que se disponen en **producción integrada**, relacionadas con el suelo, laboreo y manejo de la cubierta vegetal son las siguientes:

- Obligatoriedad de no labrar en recintos con pendientes medias superiores o iguales al 10%. Deberá disponer sus olivos en bancales, o bien hacer laboreo de conservación con cubiertas vegetales vivas o inertes, o disponer el cultivo en fajas.
- En el caso de formación de cárcavas, se procederá a la ejecución de obras de defensa que eviten su agravamiento.
- Mantenimiento de la biodiversidad del agrosistema. El agricultor deberá conservar la vegetación natural de lindes, setos, árboles aislados, bordes de montes, etc.
- En los tratamientos herbicidas, se emplearán las boquillas antideriva. Anteriormente, era práctica recomendada y en el nuevo Reglamento pasa a ser una práctica obligatoria.
- Aplicación de herbicidas.
  - El agricultor deberá disponer de la Orden de Tratamiento firmada por el técnico responsable.
  - Se prohíbe aplicar herbicidas bajo la copa con frutos caídos en el suelo que vayan a ser recolectados y en márgenes de cauces permanentes o temporales de aguas.
  - Los herbicidas que pueden ser utilizados son los que se establece en el Cuadro nº 2 del Reglamento con sus restricciones. Pueden utilizarse las materias activas solas o en mezclas de las mismas siempre que se encuentren inscritas en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios.
- Se permite realizar labores con profundidad no superior a 20 cm, en :
  - aquellos suelos limosos con tendencia a la formación de costra,
  - en suelos donde se formen grietas profundas para cubrirlas,
  - en situaciones de alta compactación del suelo y para incorporar materia orgánica y
  - en situaciones de cubiertas vegetales vivas para evitar problemas derivados de flora resistente. En este caso, se permite el subsolado en el centro de las calles para mejorar la infiltración, o para el control de problemas fitosanitarios específicos.

En el manejo de olivar en **agricultura ecológica** las labores tendrán que realizarse siguiendo curvas de nivel. La presencia de síntomas de pérdida de suelo tendrá que corregirse. Cuando existan tendrán que mantenerse las estructuras de contención de suelo o de corrección de la erosión. Cuando no existan y sean necesarias, se tendrán que implantar. Los suelos con fuertes pendientes tendrán que mantener una cobertura vegetal durante todo el año, salvo en cultivos leñosos, que se podrá establecer una cubierta en bandas, y este requisito no es obligatorio en los meses de mayo a septiembre. En zonas con pluviometría inferior a 300 mm anuales, los apartados anteriores podrán no cumplirse. Los suelos con fuertes pendientes no podrán recibir labores con aperos que realicen volteo de horizontes. La eliminación de malas hierbas se tendrá que realizar mediante labores con maquinaria (laboreo, siega, desbroce mecánico, manejo con ganado, etc.) y no podrán utilizarse sustancias que no estén recogidas en el Anexo II del reglamento. Los herbicidas de síntesis no podrán utilizarse en ningún caso.



Figura 6: Fincas con distinto manejo de suelo, a la izquierda manejo de suelo desnudo con herbicida y a la derecha cubierta vegetal permanente, paraje de Cobatillas en Baena (Córdoba). Marzo de 2004. Foto José Miguel Garrido.

El desarrollo de coberturas vegetales, convenientemente manejadas viene a paliar o eliminar el problema de erosión en muchas explotaciones, pero no en todas. El manejo puede hacerse con herbicidas (salvo en **agricultura ecológica**), con medios mecánicos o con ganado. Sin embargo, existen problemas, frente a los cuales se va avanzando en conocimiento, pero aun por resolver completamente, derivados de:

- Desconocimiento de la gran diversidad de flora que ostenta el olivar, tanto por parte de los agricultores como por parte de los técnicos. Este es un aspecto del conocimiento y la investigación tradicionalmente poco apoyado desde el sector público, y en el caso de las empresas privadas, fundamentalmente orientado al desarrollo de herbicidas.
- Falta de materias activas herbicidas para manejar una flora tan diversa, teniendo que recurrir al uso continuado de pocas materias activas que acaban dando lugar a problemas ya conocidos como riesgos de contaminación, especies resistentes, etc .
- Inversiones de flora motivadas por el uso reiterado de una técnica de cultivo, por ejemplo el uso continuado de un mismo herbicida, o el empleo de desbrozado mecánico sin alternar con otras prácticas.
- Falta de maquinaria apropiada para desbrozar o segar las cubiertas y transitar dentro del olivar.
- Especies resistentes a los herbicidas.
- Evolución natural de la flora hacia especies de pastizal, o incluso matorral y arbustivas no deseadas.
- La compactación de suelos por el paso de maquinaria pesada, y porque algunos suelos tienen una tendencia natural grande a la compactación.
- Las cubiertas en suelos de características vérticas (bujeos), poco ensayadas, producen en ocasiones grandes daños debidos a la rotura del sistema radicular de los árboles al producirse las grietas.

El manejo debería ser fundamentalmente propiciando la implantación de coberturas, pero es prácticamente imposible a partir del momento en que comienza la competencia establecer un criterio único de manejo. Aquí también la experiencia local y el conocimiento científico y empírico de los técnicos y los agricultores debería primar sobre una norma, que no puede contemplar toda la casuística.

### 3.9. Recolección

La recogida del suelo, el ordeño y el vareo son los tres métodos fundamentales de la recolección tradicional de aceituna. El primero consiste en recoger del suelo los frutos maduros caídos de forma natural y espontánea. El ordeño es el sistema tradicionalmente empleado en la recolección de aceituna de mesa consistente en la recolección del fruto con la mano, o ayudados por pequeños peines o dedos de material flexible. Y por último, el vareo es el método más extendido en el olivar de almazara; consiste en golpear con unas largas varas los ramones del árbol, procurando que el golpe incida lateralmente a las zonas fructíferas para evitar daño en ellas. El fruto derribado se recoge en lienzos o mallas extendidas bajo los olivos, cuyo contenido se verterá en elementos de carga: cajas, sacos o espuestas. Las diferentes técnicas inciden en la calidad del aceite y en la rentabilidad de la explotación. Así, el fruto caído por sobremaduración produce aceites con olores y sabores extraños e indeseables, aunque puede resultar económico, mientras que la recolección por ordeño permite recoger los frutos en punto de maduración óptima, pero a un coste generalmente prohibitivo. El empleo de máquinas que faciliten las operaciones es fundamental para abaratar costes y recolectar las aceitunas en su momento óptimo de madurez. Actualmente al vareo lo están sustituyendo con éxito los vibradores de troncos y los vareadores, junto con las máquinas cosechadoras que recolectan los olivares en seto y olivares de alta densidad.

El momento del inicio de la recolección se establece por medio de un índice fenológico de madurez como índice genérico. En aceituna de mesa para aderezo en verde se determina el momento en que la aceituna es apta para su elaboración, cuando al cortar el fruto de forma diametral y provocar un giro en una de las zonas, la pulpa “despega” del hueso; la recolección todavía se realiza en gran medida de forma manual, aunque actualmente se están desarrollando sistemas de recolección mecanizada con favorecedores de abscisión del fruto. La aceituna para almazara se recolecta a partir del momento en que la mayoría del aceite se encuentra formado, pero también con la condición de que la resistencia del fruto al desprendimiento sea baja y la caída natural de los frutos nula o reducida. Estos índices: índice de madurez, contenido graso respecto a materia seca total, resistencia al desprendimiento y evolución de la caída de frutos, son fáciles de determinar y permiten predecir el momento de inicio de las operaciones de recogida y aproximadamente la duración de éstas. Pero además hay que evitar la caída de frutos al suelo, sobremadurados, que producirían alteraciones en el producto final [9].

El periodo útil de recolección depende del marco de plantación, pies por plaza, manejo o no con cubierta vegetal, la capacidad operativa de la máquina y de los operarios del equipo en su conjunto en cada explotación. Con la mecanización, se consigue agilizar las operaciones de recogida y concentrarlas en el periodo idóneo.

El vareo manual provoca una rotura de ramos del año, que es donde se produce la fructificación del año siguiente, con lo cual con esta técnica limitamos la producción futura.

Hay que tener presente asimismo la posibilidad de que condiciones climáticas adversas pudieran obstaculizarlas, o el riesgo de bajas temperaturas que pudieran dañar la integridad de la pulpa y perjudicar la calidad del aceite. Cuando se prevé un dilatado periodo de recolección, es preferible anticiparla para asegurar una buena calidad del producto final [9].

Avances en las tecnologías han permitido desarrollar sistemas que permiten una mecanización parcial o total, dependiendo del tipo de olivo, de la recolección del olivar, permitiendo obtener un producto de calidad a costes menores y resolviendo otros aspectos sociales y laborales, como es la falta de mano de obra.

### ***Tipos de máquina***

#### *· Manuales:*

- vareadores alimentados con batería o por motobomba,
- neumáticos o pequeños vibradores y
- vareadores mecánicos,

#### *· Maquinaria autopropulsada:*

- vibradores de tronco,
- cosechadoras cabalgantes o de ataque lateral y
- máquinas recolectoras de la aceituna caída al suelo.

Los vibradores de tronco son un importante referente para la recolección mecanizada, ya que consiguen, en pocos segundos por árbol, derribar un alto porcentaje de fruto. Por ello

han sido sometidos a numerosas acciones de mejora para aumentar su eficacia, fiabilidad, maniobrabilidad y capacidad de adaptación a distintos tipos de olivar. El éxito de los vibradores de tronco se ha visto reforzado por la evolución de los dispositivos de interceptación de producto, generalmente en forma de paraguas invertido. El extendido y recogido de mallas ralentiza la operación, requiere un gran número de operarios y resulta una tarea fatigosa, aunque también existen pequeñas máquinas autopropulsadas que facilitan esta operación. Se ha conseguido un empleo mínimo de personas y se ha alcanzado un alto rendimiento, aunque muy variable por persona y hora, dependiendo de la producción del olivar. No obstante estos altos rendimientos sólo se pueden alcanzar con plantaciones adecuadas para este tipo de mecanización [9].

Hoy en día el agricultor tiende a realizar la recolección mecanizada utilizando máquinas vibradoras de troncos o ramas y vareadores y dispositivos de interceptación del fruto, bien mallas o “paraguas invertido”. Algunos han optado por plantaciones en seto y utilizan máquinas cabalgadoras o vendimiadoras adaptadas. No obstante, todavía gran número de agricultores de grandes zonas productoras continúan derribando aceituna mediante técnicas de vareo manual.

La tendencia en olivar debe ir encaminada a la mecanización integral de la recolección, para abaratar costes y concentrarla en el periodo óptimo, preservando la calidad del fruto desde el comienzo hasta el final de la campaña. Para ello deberían revisarse todos los sistemas productivos, adecuando los olivares, por lo que sería preciso establecer un programa a largo plazo de constitución de nuevas plantaciones.

La recolección mecanizada de la aceituna de mesa es hoy ya una realidad, sin que ello signifique una pérdida de calidad del producto final con respecto a la recolección manual. El empleo de los favorecedores de la abscisión del fruto, al día de hoy en fase de registro, y de los tratamientos postcosecha mediante la inmersión de los frutos en soluciones alcalinas (lejías) de baja concentración refrigeradas lo han hecho posible. Sin embargo es imprescindible contar con equipos de pulverización en óptimas condiciones de uso y perfectamente calibrados para cada plantación.

La aceituna destinada a la producción de aceite debe proceder directamente del árbol y por lo tanto no se debe mezclar aceitunas de suelo con las de vuelo. Si fuera necesario se debe iniciar la recolección un poco antes del momento óptimo para prevenir la caída del fruto. La recolección temprana o en su óptimo conlleva algunos beneficios para el siguiente año, como es la regularización de las cosechas y prevención del fenómeno de alternancia de las producciones o vecería.

Los sistemas de agricultura sostenibles atienden a indicaciones que mejoren el proceso de la recolección protegiendo y mejorando la calidad de los frutos cosechados. Así el sistema de producción integrada aconseja iniciar la recolección en el momento óptimo teniendo como referente el índice de madurez, aconsejando que sea de 3 para las variedades de maduración “normal” (picual, hojiblanca y lechín entre otras) de almazara y de 1 para olivar de mesa. En olivar de almazara, además, recomienda que se eviten las recolecciones tardías y que se realice la mecanización de la recolección utilizando sistemas de vibración u ordeño. Nunca

debe ser derribada la aceituna al suelo y recogida por barredoras, y se prohíbe mezclar las aceitunas del suelo con las del vuelo. Una vez recogida la cosecha ésta debe ser transportada y de forma obligatoria en contenedores o cajas adecuadas para ello y de ningún modo en sacos, no permaneciendo la aceituna más de 24 horas en la explotación.

En el caso de **agricultura ecológica**, en lo referente a la recolección, no hay limitación a los medios mecánicos utilizados, lo que sí está restringido son los medios de transporte que se utilicen, siempre que hayan sido usados previamente para transporte de productos o insumos no procedentes o autorizados en **agricultura ecológica**, tendrán que limpiarse previamente, para asegurar que no se produce ninguna deriva o contaminación. Cuando se transporten conjuntamente productos procedentes de **agricultura ecológica** y **convencional**, tendrán que ir en envases que permitan su diferenciación según forma, volumen o color. Los productos que se transporten en envases cerrados, tendrán que estar permanentemente identificados, asegurando identificación y trazabilidad, así como estar protegidos frente a posibles contaminaciones externas.

Aunque la tendencia en recolección es la mecanización, aún quedan muchos problemas que resolver. La maquinaria actual aún no resuelve de forma totalmente satisfactoria el problema de los costos de recolección en aceituna de mesa. por lo que queda pendiente para la investigación en tecnología de mecanización. Tampoco quedan resueltos, los problemas de recolección en explotaciones con altas pendientes. En ellas la entrada de un vibrador de tronco pone en peligro al operario de la máquina vibradora por la inestabilidad en el centro de gravedad de la maquinaria en las pendientes acusadas. Se necesita adaptar la plantación para el uso de la maquinaria existente, cuando debería también producirse lo contrario, adaptar la maquinaria a las distintos tipos de plantaciones.

### 3.10. Manejo integral de la explotación o explotaciones

Una explotación olivarera, ya sean superficies grandes o pequeñas, bajo ninguna circunstancia puede considerarse aisladamente. Por ejemplo, muchas de las técnicas de control de plagas resultan ineficaces si sólo se aplican en una finca y no en sus colindantes, como por ejemplo la confusión sexual en insectos, en que es necesario abarcar una amplia superficie para que sea eficiente. Otro ejemplo lo constituye la dispersión de inóculo de *Verticillium dahliae*, que puede llegar a una explotación desde la colindante a través de las aguas de escorrentía, del viento o de los aperos que transitan de una finca a otra. Tampoco dentro ya de una finca concreta se pueden establecer criterios únicos para toda la superficie sin considerar que existen diferentes zonas, con diferentes problemáticas; por ejemplo si se produce un foco de plaga en una parte concreta de la explotación tarde o temprano acabará afectando al resto de la explotación, al igual que sucedería con la aparición de una cepa de alguna enfermedad criptogámica.

El control de la erosión es en este sentido uno de los aspectos que más se ven afectados, pues se requiere considerar la explotación en su conjunto y además en relación al conjunto de explotaciones que lo rodean. Así, las obras de protección de cauces, desvíos de excedentes de escorrentía, operaciones de descompactación de zonas compactadas, etc. afecta a la



escorrentía global que circulará por los cauces. También es necesario considerar que la cobertura vegetal no se desarrolla por igual en todas las superficies de la explotación, por lo que las actuaciones no serán idénticas en toda la superficie, sino específicas en aquellas zonas afectadas por cada uno de los problemas descritos, e interferirán e interaccionarán unos con otros. Por tanto, los problemas han de resolverse en un conjunto, más aún cuando no hay homogeneidad en la plantación, que suele ser lo más habitual. Incluso se debería, a una escala superior, establecer este manejo coordinado en un conjunto de explotaciones afectadas por un problema común, como puede ser la erosión o la afectación de una enfermedad. El problema que presenta la atomización de las explotaciones, podría ser resuelto con el manejo coordinado de explotaciones de una misma comarca. Las actuaciones y los controles sobre las mismas pueden ser gestionados y supervisados por técnicos especialistas que conozcan la zona en cuestión, que tomarían las decisiones sobre las medidas oportunas a adoptar y también controlarían cómo éstas afectan al resto de explotaciones y su eficacia, tanto a nivel comarcal como a nivel individual sobre cada explotación por muy pequeña que ésta fuera. Para ello se necesita establecer un sistema o asociación que considere la figura de un técnico o grupo de técnicos especialistas y expertos conocedores de la comarca en cuestión y cuya relación sea directa con los propietarios de las explotaciones.

La **producción integrada** promueve, como su nombre indica, el manejo integrado, y además cuenta con técnicos especializados dentro de cada Agrupación, por lo que resulta más fácil desde este sistema establecer un tipo de actuaciones integradas como las que se han descrito. Muchas de las exigencias incluidas en el Reglamento se contemplan precisamente desde el punto de vista de integración de las prácticas en aras de conseguir la producción sostenible, respetuosa con el medio y rentable, y además se contemplan también de forma conjunta para las agrupaciones, como es el caso del control de calidad sanitaria del aceite, que se almacena en grandes depósitos de forma mancomunada. También sería factible, y no resultaría ni muy costoso ni problemático, constituir asociaciones entre Agrupaciones a nivel comarcal.

En el caso de la **agricultura ecológica** esta figura del técnico existe en cooperativas con un número de socios considerable, el resto de explotaciones se asesoran en técnicos no necesariamente expertos en A.E., pero sería factible crearla. No obstante, el Reglamento de Agricultura Ecológica sí promueve el manejo integral de la explotación, pero dentro de las limitaciones que establece el propio Reglamento en cuanto a los recursos que se pueden emplear para corregir los problemas que se presenten. Entre otros, promueve la utilización de variedades autóctonas, en general menos propensas a presentar problemas de plagas y enfermedades, y la utilización de los recursos de la propia explotación, así como de los recursos de la comarca. En cuanto al control de la contaminación tanto interna como externa a la unidad de producción, se tendrán que establecer una serie de medidas que aseguren que ni los productos, ni la zona de producción tengan contaminación por sustancias no permitidas en la reglamentación vigente en agricultura ecológica. En caso de explotaciones que tengan riesgo de deriva el operador tendrá que establecer una zona o franja perimetral de amortiguamiento, que asegure que no se produce contaminación por deriva de zona limítrofes.

#### 4. Propuestas de Mejora

El sistema agrario es muy diverso, si nos ceñimos al cultivo del olivar, se simplifica, puesto que no es un cultivo que aún esté muy desequilibrado desde el punto de vista fitosanitario. Pero con la intensificación y el cambio de técnicas de cultivo están comenzando a aparecer nuevos problemas. Esto sugiere que hay que tener en cuenta el conjunto de prácticas agrarias porque, en mayor o menor medida, todas están relacionadas entre sí. La protección del medio ambiente, la seguridad y calidad alimentaria, así como la rentabilidad de las explotaciones deben ser los objetivos de un sistema agrario si se quiere responder a las demandas de la sociedad en general.

Las normativas que regulan el sistema agrario del cultivo del olivo restringen en gran medida el desarrollo adecuado de actuación sobre la gran mayoría de las explotaciones, dificultando las tomas de decisiones de cómo y cuándo actuar, encareciendo los costos de una explotación olivarera. La tendencia debe ir encaminada al desarrollo de normativas europeas, nacionales y autonómicas, que faciliten la toma de decisiones de los técnicos expertos que cuentan con un amplio abanico de conocimientos de todas las tecnologías implicadas en el proceso productivo, relacionadas con aspectos ecológicos del cultivo, sus interrelaciones con el medio ambiente, así como aquellas que se refieren a maquinaria, manejo del suelo, riego, fertilizantes, o productos que ayuden al control de plagas y enfermedades y al manejo de la flora arvense.

Todas las normativas deben converger hacia una misma finalidad, deben establecer los objetivos, las tendencias y los límites de la aplicación de una determinada técnica, y contemplar la figura de un técnico experto en todos los aspectos antes mencionados, que haga posible aplicar las tecnologías con la suficiente flexibilidad empleando el mejor criterio técnico. En resumen, una normativa no puede contemplar toda la casuística que puede presentarse, ni tampoco modificarse continuamente debido a los paulatinos avances científicos y tecnológicos, salvo que estos sean relevantes y suficientemente contrastados. Igualmente no debería propiciar la sustitución, o disminución de su importancia, de la figura del técnico agrario, máxime cuando se trata de un sistema productivo cambiante, que incluye multitud de seres vivos de los que todavía no se conocen muchos aspectos ni de su biología ni de sus interrelaciones.

#### 5. Referencias

- [1] Consejería de Agricultura y Pesca. 2006. Manual de buenas prácticas agrarias en los diferentes sistemas productivos del olivar andaluz.
- [2] Barea, F., Ruíz, P. 2002. Olivar ecológico en zonas de montaña andaluzas. Evolución y perspectivas. Actas de la reunión BIOL 2002.
- [3] Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino, Anuario de Estadísticas 2008 en Agricultura Ecológica.
- [4] Consejería de Agricultura y pesca. Junta de Andalucía. 2007. II Plan Andaluz de Agricultura ecológica (2007-2013). DAP. Sevilla.

- [5] Unidad de Certificación del comité Andaluz de Agricultura Ecológica. 2004. Manual del Operador de Explotaciones Agrarias.
- [6] Consejería de Agricultura y Pesca. 2008. Aplicación de la condicionalidad en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Sevilla.
- [7] Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. 2004. El Cultivo del Olivo. Madrid. Barcelona. México. Ed. Mundi-Prensa.
- [8] Coscollá, R. 2004. Introducción a la Protección Integrada. Valencia. Ed. Phytoma.
- [9] Consejo Oleícola Internacional. 2007. Técnicas de Producción en Olivicultura. Madrid. España.
- [10] Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 2001. Diseño y manejo de plantaciones de olivar. Sevilla.



