

PROPAGACIÓN DEL OLIVO

por enraizamiento de estaquillas
semileñosas bajo nebulización



JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Agricultura y Pesca

Edita: JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca

Publica: Dirección General de Investigación Agraria
SERVICIO DE PUBLICACIONES Y DIVULGACIÓN.

Colección: COMUNICACIÓN I+D AGROALIMENTARIA 7/94

Autores: Juan M. Caballero y Carmen del Río

Fotografías e ilustraciones: Autores

Coordinación y diseño: Heliodoro Fernández López, Rosa M.^a Mateo Fernández

Depósito Legal: SE-1869-94

I.S.B.N.: 84-87564-08-9

Maquetación e Impresión: A.G. Novograf, S.A. - Sevilla

* Se prohíbe la reproducción parcial o íntegra de esta publicación,
sin la autorización expresa de autor/es, o editor.

1. MÉTODOS TRADICIONALES	5
2. INCONVENIENTES DE LOS MÉTODOS TRADICIONALES	7
3. PROPAGACIÓN POR ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS SEMILEÑOSAS BAJO NEBULIZACIÓN.....	8
3.1. Descripción del método	9
3.1.1. Enraizamiento.....	9
3.1.2. Endurecimiento	11
3.2. Instalaciones necesarias y su influencia sobre el enraizamiento.....	12
3.2.1. Calor de fondo	12
3.2.2. Medio de enraizamiento.....	12
3.2.3. Nebulización	13
3.2.4. Medio ambiente alrededor de las estaquillas.....	14
4. PRINCIPALES VENTAJAS DEL NUEVO MÉTODO DE PROPAGACIÓN	15
5. PRINCIPALES RESULTADOS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS SOBRE ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS BAJO NEBULIZACIÓN.....	17
5.1. Influencia de los reguladores de crecimiento	18
5.2. Influencia de los asimilados	18
5.3. La estructura anatómica de la base de la estaquilla	19
6. ENRAIZAMIENTO E INJERTO EN MESAS CERRADAS	20
7. REFERENCIAS	21

La técnica de propagación explicada en este trabajo ya está siendo utilizada en España, pero se vuelve a describir debido al creciente interés por este nuevo método de multiplicación del olivo y por los plantones que produce. Hace bastante tiempo que se agotó la primera publicación divulgadora de tal técnica (Caballero, 1980), por lo que esta actualización analiza los sistemas tradicionales de propagación y sus inconvenientes, describe el nuevo método y las instalaciones necesarias e ilustra sus principales ventajas, tanto para viveristas como para olivareros. Asimismo se revisan los resultados de los trabajos experimentales en los que se basa el procedimiento, aunque no todos se hayan aplicado a la práctica comercial.

1. MÉTODOS TRADICIONALES

El más usado ha sido el enraizamiento de grandes propágulos, ya sean estacas leñosas o zuecas. Estas últimas, provistas de brotes o sin ellos, tomadas de la parte basal de viejos troncos, se utilizan en algunas zonas olivareras del Norte de África y Próximo Oriente (Fig. 1). Aunque principalmente para reposición de marras, el trans-



FIGURA 1

Zuecas, propágulos tradicionales empleados en algunas zonas del Norte de África y del Próximo Oriente.

plante directo de árboles jóvenes, llamados estacones o estacas-plantón, también se realiza en alguna ocasión y lugar aprovechando la eliminación de troncos practicada al criar los olivos en forma de mata (Fig. 2). El injerto sólo se ha usado en zonas de tradicional industria viverística, como la Toscana en Italia o el Levante español, o para cambiar de variedad en olivares adultos cuando la nueva es muy difícil de enraizar, "Gordal Sevillana" por ejemplo.



FIGURA 2

Estacón, ocasionalmente usado para reposición de pérdidas. En realidad es un transplantante.

El sistema tradicional más usado en España hasta hace pocos años consistía en el enraizamiento de estacas leñosas, colocadas casi verticalmente en hoyos de hasta un metro de lado y otro de profundidad, abiertos con antelación en la parcela a plantar. Las estacas eran de unos 60 cm de longitud, hechas a partir de las ramas cortadas al hacer la poda de renovación de madera de olivares adultos, prefiriéndose las provistas de nudos por su mayor capacidad de brotación y enraizamiento. Desde hace tiempo se vienen utilizando estacas más cortas, de unos 20 cm y el mismo grosor, de 5 a 10 cm, puestas a enraizar en bolsas de plástico de dimensiones apropiadas a dicho tamaño, si bien al principio se enraizaban en vivero (Fig. 3), en el suelo (Fernández García y Humanes Guillén, datos no publicados).



FIGURA 3

Plantones obtenidos por enraizamiento en tierra de estacas leñosas de unos 20 cm de largo.

En algunas zonas, a las grandes estacas se las denomina garrotes, nombre también aplicado a los olivos obtenidos por este método cuando aún son jóvenes. En otros sitios, a tales propágulos y olivos se les conoce sencillamente como estacas y, por consiguiente, estacares se llaman las plantaciones así obtenidas (Fig. 4).

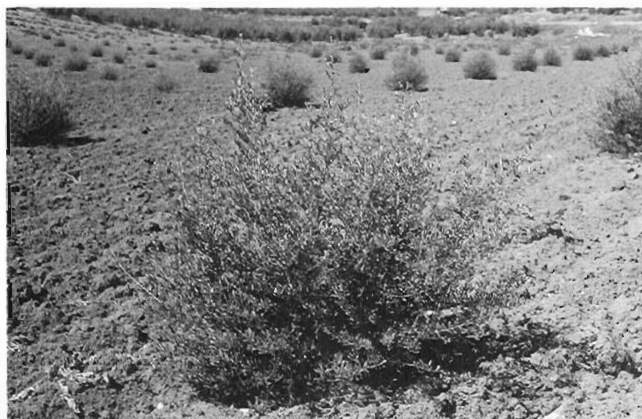


FIGURA 4

Joven estaca obtenida por plantación de estacas leñosas enraizadas en bolsa, que producen olivos de muchos troncos.

2. INCONVENIENTES DE LOS MÉTODOS TRADICIONALES

El enraizamiento de grandes propágulos tiene una serie de inconvenientes comunes, que a continuación se explican para las estacas leñosas, muy usadas en España, principalmente en Andalucía.

El uso de madera de poda como fuente de propágulo implica que sólo se puede propagar en dicha época y conlleva el riesgo de multiplicar árboles de variedades no deseadas, presentes aunque sea en pequeños porcentajes en casi todos los olivares.

Por el tamaño del propágulo, el enraizamiento de estacas leñosas requiere gran cantidad de material vegetal, lo que dificulta la obtención de éste en suficiente cantidad y calidad cuando la superficie a plantar es considerable. Tal inconveniente es mayor si sólo se quieren utilizar olivos que no muestren síntomas ni hayan tenido enfermedades que se puedan transmitir a los plantones. Se consiguen hasta setenta mil plantones de "Picual" por hectárea y año al enraizar estacas cortas en vivero o en bolsa, pero se han de podar muchísimos olivos para conseguir la madera necesaria, al menos los de unas 100 hectáreas, muchos más cuando se enraizaban directamente en campo. Además, este antiguo sistema simultaneaba la propagación y la plantación y utilizaba la parcela a plantar un año antes de lo necesario, con el consiguiente aumento de los gastos de implantación del olivar.

El arranque de los plantones de vivero, llamados a raíz desnuda, dejaba en tierra parte de las raíces formadas, lo que implicaba un desequilibrio entre el sistema radical y aéreo de los mismos, no favorable a su rápido crecimiento posterior. Aun en el caso de los criados en bolsa, su sistema radical no crece mucho en la misma, ya que primero brotan las yemas latentes de la estaca y posteriormente se producen las raíces en las bases de dichos brotes. Así pues, la planta no puede desarrollar mucho el

primer año, ya que antes ha de seguir formando su sistema radical. El de los olivos obtenidos por injerto en vivero sí que es de calidad, pero se necesitan varios años para obtener el plantón (Vitagliano, 1982), que además ha de ser arrancado, con sus repercusiones sobre el éxito del trasplante, a pesar de sufrir la oportuna poda de plantación.

El sistema de propagación por enraizamiento de estacas también acentúa la natural tendencia del olivo a crecer en forma de mata compuesta de muchos troncos (Fig. 4), sobre todo cuando se colocaban tres en cada hoyo. Tales tipos de plantones obliga a una costosa poda de formación aún montando los olivos en tres o cuatro troncos, mucho más si se quiere un olivar de futuro, a un solo pie. La sucesiva eliminación de tan gran número de troncos es un despilfarro de energía, máxime al irlos arrancando cuando apenas empiezan a producir aceituna. Además, el olivo pierde muy pronto su dominancia apical, los brotes o troncos producen ramificaciones laterales muy bajas, que se desarrollan con gran vigor, lo que obliga a suprimirlas para dar espacio al tronco definitivo. Estas intervenciones de poda, aplicadas tanto sobre el pie de vida como sobre los temporales, sin duda ayudan a retrasar la entrada en producción de los olivos obtenidos con plantones de estaca (Fig. 5).



FIGURA 5

Mata de seis años obtenida de estacas leñosas, que requiere aún más tiempo para llegar a los tres troncos finales.

3. PROPAGACIÓN POR ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS SEMILEÑOSAS BAJO NEBULIZACIÓN

Este sistema de propagación, basado en la aplicación de reguladores de crecimiento favorecedores de la rizogénesis, se puso a punto en el olivo para mejorar la calidad de los plantones a utilizar en la moderna olivicultura. El proceso ya ha sido revisado y descrito (Caballero, 1980, Cimato y Fiorino, 1980) y consta de tres fases (Fig. 6):

a) Enraizamiento, para provocar la emisión de varias raíces adventicias en las bases de pequeñas estaquillas con hojas preferiblemente suministradas por árboles cultivados con ese fin.

b) Endurecimiento, para promover el funcionamiento de los sistemas radicales obtenidos en la fase anterior.

c) Crianza de los plantones, cultivados en maceta, a un solo tronco, base importante del éxito de la nueva olivicultura española al permitir densidades de plantación más idóneas.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

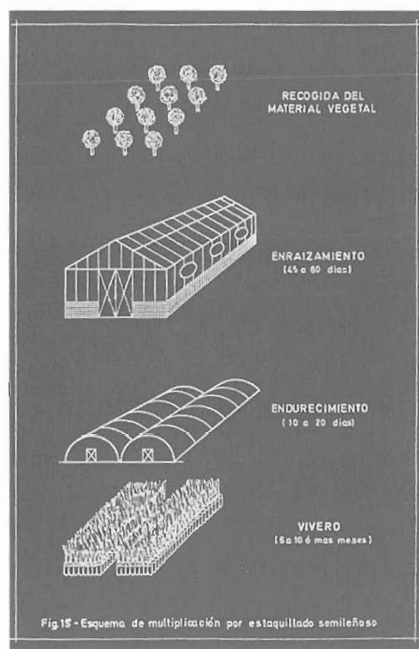
La formación de raíces adventicias es la fase más importante, por lo que se describe con más detalle.

3.1.1. Enraizamiento

El éxito de este primer proceso depende fundamentalmente de la variedad a multiplicar y de la calidad del material vegetal utilizado. El enraizamiento es óptimo si las estaquillas se toman de olivos en activo crecimiento vegetativo, es menor si se preparan a partir de ramos de árboles en descarga, y disminuye aún más si se utilizan árboles en carga, esto último debido a la presencia de inflorescencias o aceitunas en los ramos hasta el momento de la preparación de las estaquillas, llegando a ser cero si dichos órganos permanecen en las mismas durante el proceso. Es decir, el tomar el material de olivos cultivados con el exclusivo fin de producirlo asegura el éxito del enraizamiento y evita la necesidad de eliminar inflorescencias o frutos, que pueden estar presentes si se toma de árboles en producción.

Experimentalmente se han conseguido mejores enraizamientos al final de primavera y comienzos de otoño, pero en la práctica comercial se trabaja en otoño e invierno para aprovechar toda la estación vegetativa para la fase de crianza de los plántones.

Con el fin de evitar su desecación, el material vegetal a utilizar ha de mantenerse fresco y húmedo durante la preparación de las estaquillas. Estas se pueden tomar de los brotes anuales del mismo año si la operación se realiza a partir del final del primer flujo del crecimiento anual, o de los del año anterior si se han de hacer antes de que aquéllos estén disponibles. Tales estaquillas tienen una longitud de unos 15 centímetros, es decir, unos cuatro o cinco entrenudos, y llevan dos o tres pares de hojas en su parte apical, por lo que se pueden hacer dos o tres de cada ramo o brote (Fig. 7).



Una vez preparadas, conviene tratarlas con una solución fungicida, como precaución contra el desarrollo de enfermedades durante el período de enraizamiento, principalmente repilo (*Spilotea oleaginea*). Este tratamiento es obligatorio, si no se está seguro de que las plantas origen de las estaquillas hayan sido protegidas contra dicha enfermedad. Una vez secas se les aplica una auxina, normalmente el

FIGURA 6

Fases de la propagación por enraizamiento de estaquillas semileñosas bajo nebulización (de Caballero, 1980).

ácido indol-3-butírico (AIB), mediante inmersión de sus bases en una solución de tal regulador a la concentración de 3 g/l durante cinco segundos. La solución ha de prepararse con etanol del 50% ya que dicha auxina no es soluble en agua, y puede almacenarse en frigorífico en botella oscura durante varias semanas. Este tratamiento también se puede aplicar mediante suspensión en polvo de talco, más estable aunque algo más tediosa de preparar.

A continuación, las estaquillas se plantan en el medio a utilizar, normalmente perlita, contenido en mesas de propagación (Fig. 8) o en cajas. La utilización de éstas permite efectuar las operaciones de plantación y arranque en una sala de trabajo y facilita la recuperación del sustrato. En cualquier caso, antes de la plantación se ha de regar bien para darle la firmeza adecuada. Las estaquillas se insertan hasta unos cuatro o cinco centímetros de profundidad. La capa de sustrato ha de tener un espesor de unos 10 cm y la densidad de plantación no debe ser excesiva, con el fin de evitar el desarrollo de enfermedades. Densidades muy altas también dificultan la buena iluminación de las hojas de las estaquillas, pueden mojarlas en exceso e impedir en alguna medida el humedecimiento del sustrato.

El enraizamiento (Fig. 9) se consigue al cabo de aproximadamente dos meses si se han aplicado otros dos tratamientos externos, que también son indispensables para el

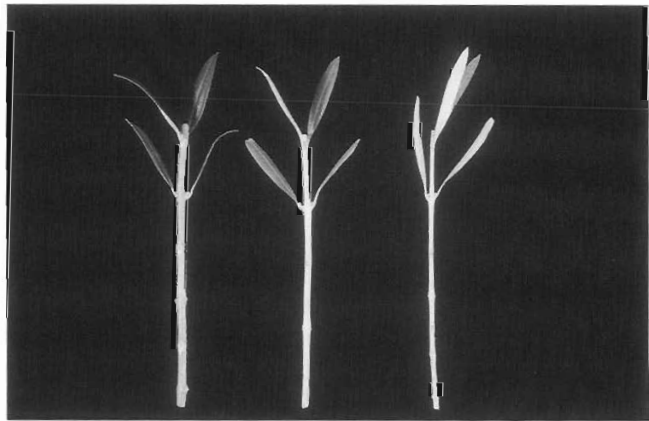


FIGURA 7

Los brotes vigorosos, del mismo año o del anterior, proporcionan varias estaquillas semileñosas.



FIGURA 8

Estaquillas semileñosas puestas a enraizar bajo nebulización y con calor de fondo tras haber sido tratadas con auxina.

éxito de la operación. El sustrato se debe calentar para que las bases de las estaquillas estén a 20-25°C y el ambiente alrededor de las mismas debe ser muy húmedo y algo más fresco, lo que se consigue mediante nebulización intermitente.

3.1.2. Endurecimiento

Aunque se pueda prescindir del mismo en algunas épocas del año y en variedades que enraizan bien, el siguiente paso es endurecer las estaquillas enraizadas en pequeños vasos de turba o plástico (Fig. 10), para lo que los intervalos entre nebulizaciones se van alargando un poco más cada día. El sustrato ya no ha de ser inerte, pero conviene que siga siendo ligero. En función de la época del año, esta fase puede durar de una a tres semanas, a cuyo término se ha debido producir al menos un brote de un par de hojas, sin duda, señal de que el sistema radical recién formado ya ha comenzado a cumplir su función. En

ese momento se transplantan a bolsas de plástico de unos tres litros de capacidad, en las que contemplarán el crecimiento (Fig. 11).



FIGURA 9

Sistema radical formado en estaquillas semileñosas después de dos meses bajo nebulización.

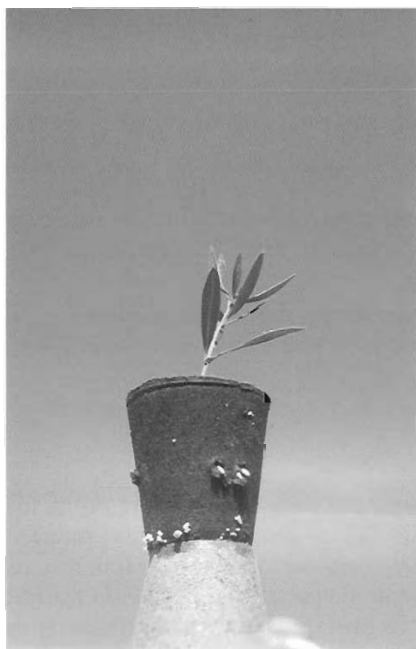


FIGURA 10

El endurecimiento termina cuando las raíces funcionan en su nuevo medio, lo que suele coincidir con la presencia de al menos un brote de un par de nudos de altura.

3.1.3. Crianza

Con o sin ayuda de umbráculos según la época del año y el clima del lugar, la última fase de este nuevo método de propagación del olivo casi se completa en una estación vegetativa si el endurecimiento termina al final del invierno. Un cuidado importante del plantón durante esta fase, consiste en eliminar los brotes laterales del principal, una vez elegido éste.

Otro cuidado esencial es el riego. Obviamente, lo mejor es mantener el suelo de la maceta a contenidos de humedad muy cercanos a su capacidad de campo, para lo que el riego por goteo ha dado buenos resultados (Fontanazza y Giusquiani, 1978). En cuanto a plagas y enfermedades, los eriófidós (*Aceria oleae*) y el repilo (*Spilotea oleaginea*) son las que más vigilancia y tratamientos requieren.

3.2. INSTALACIONES NECESARIAS Y SU INFLUENCIA SOBRE EL ENRAIZAMIENTO

3.2.1. Calor de fondo

El sustrato de enraizamiento debe mantenerse a 20-24°C a la profundidad a la que se colocan las bases de las estaquillas, para lo que se necesita un sistema de calefacción. El paso de agua caliente por tubos colocados debajo del medio, es muy eficaz y mantiene el intervalo de temperatura mediante un termostato. Dicho calor, también se puede suministrar por medio de cables eléctricos dispuestos y regulados de la misma forma (Caballero, 1980). Otra posibilidad consiste en hacer un compartimento térmicamente aislado debajo de la mesa de propagación y calentarlo mediante un calefactor por corriente de aire, lo que obligará a que éste salga a través del sustrato (Porras Piedra y col., 1992).

3.2.2. Medio de enraizamiento

Sirve cualquiera que cumpla las condiciones básicas para que los procesos de iniciación y desarrollo de raíces sean idóneos:

- a) Ser lo suficientemente denso y firme para mantener las estaquillas en su lugar durante el enraizamiento. Su volumen debe ser muy constante, tanto húmedo como seco.
- b) Retener la suficiente humedad para no precisar riegos demasiado frecuentes y al mismo tiempo, ser lo bastante poroso para evitar posibles encharcamientos accidentales.
- c) Estar libre de semillas de malas hierbas, nematodos y cualesquiera otros organismos nocivos.

La perlita agrícola es el sustrato de enraizamiento más utilizado de entre los varios probados: turba, perlita, vermículita, o mezclas de los mismos, que pueden seguir utilizándose mientras mantengan las condiciones apropiadas. Asimismo, es posible usar arena lavada, pero tiene el inconveniente de producir un sistema radical largo, no ramificado y frágil (Hartmann, 1952). No obstante, se puede utilizar si se

mezcla con otro medio más adecuado, y siempre cabe ensayar otros materiales que cumplan las condiciones antes indicadas.

3.2.3. Nebulización

Este método de enraizamiento es posible desde que se pusieron a punto sistemas capaces de proporcionar altas humedades relativas por medio de la nebulización intermitente, que consigue mantener vivas las estaquillas hasta que enraízan. La nebuliza-

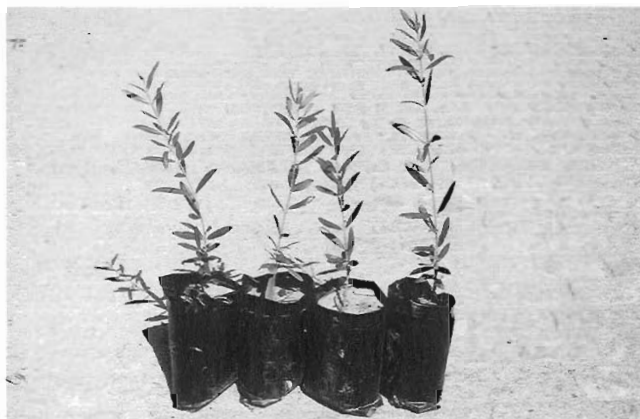


FIGURA 11

Plantones de nebulización a un eje, creciendo en bolsas de plástico.

ción la produce la salida de agua a presión por boquillas atomizadoras de diversos tipos (Fig. 12), siendo mejores las de menor caudal, siempre que la mesa quede bien y uniformemente cubierta por la niebla producida.

La nebulización no sólo produce una alta humedad relativa y un descenso de la temperatura alrededor de las estaquillas, sino también una fina película de agua sobre sus hojas, cuya temperatura asimismo disminuye debido al agua que las moja y a la evaporación de ésta desde ellas. Además, también disminuye la presión de vapor interna de las hojas, lo que hace descender su ritmo de transpiración. La menor temperatura de la estaquilla, asimismo, determina un menor ritmo de respiración, pero no se dificulta la fotosíntesis, lo que lleva a un saldo positivo de asimilados, necesario para la formación de raíces (Hartmann y Kester, 1980). En estas condiciones el enraizamiento se produce al cabo de aproximadamente dos meses. En primavera se ha conseguido a las siete semanas (Caballero y Rallo, 1977), pero en invierno pueden ser precisos más de 60 días.

Dicha nebulización ha de ser intermitente para no mojar demasiado el sustrato ni bajar mucho la temperatura de las estaquillas y del medio de enraizamiento, lo que resultaría perjudicial, y para evitar la pérdida, por lavado de las hojas, de nutrientes o compuestos necesarios para la iniciación radical (Hartmann y Kester, 1980); por lo que se necesita un mecanismo regulador de los intervalos entre riegos y de la duración de los mismos.

El más usado consiste en una pequeña placa de circuito impreso que actúa como sensor de humedad y deja pasar el agua por una electroválvula, que a su vez alimenta a las boquillas de nebulización (Porrás Piedra y col., 1992). La electroválvula debe ser del tipo normalmente abierta para que un posible fallo en el suministro de energía eléc-

trica produzca un riego continuo en lugar de una absoluta falta de nebulización, que sería fatal si se prolongase unas horas.

3.2.4. Medio ambiente alrededor de las estaquillas

La nebulización disminuye la temperatura alrededor de las estaquillas, pero tampoco conviene que aquélla suba mucho en el invernadero, sobre todo no más de 30°C. Tales temperaturas aumentarían los ritmos de respiración y transpiración de las estaquillas, que podrían llegar a marchitarse por la acción conjunta del calor y del exceso de nebulización inducido por éste. Temperaturas inferiores a 20°C también retrasan la brotación, que en caso de producirse usaría parte de los asimilados precisos para el enraizamiento.

En climas cálidos y secos, el mantenimiento de la temperatura adecuada, exige un sistema de refrigeración. El más sencillo consiste en colocar, en una pared del invernadero, un panel constituido por una placa muy porosa (las hay de diversos materiales), capaz de saturarse de agua sin impedir el paso del aire, que sale por los extractores de la pared opuesta. De esta forma el aire caliente es sustituido por otro cargado de humedad. El funcionamiento idóneo de este sistema requiere dos termos-tatos de ambiente, de forma que la humectación del panel y el funcionamiento de los extractores puedan programarse en función de las condiciones del lugar y de la época del año. Este sencillo sistema se puede completar con un humidificador y un humidostato. Durante el invierno se precisa un sistema de calefacción ambiental (Caballero, 1980).

La mesa de propagación (Fig. 13) se instala en un invernadero dotado de regulación climática, si el enraizamiento se ha de hacer en primavera y verano, o en otro más sencillo, si sólo se va a trabajar en otoño e invierno. En tal caso se puede colocar incluso bajo unas mínimas condiciones de abrigo si se la cubre de plástico (Fig. 14). En la Umbría (Italia) dicha estructura permite el enraizamiento de estaquillas de olivo sin nebulización (Fontanazza y Jacoboni, 1976), pero las altas temperaturas alcanzadas en Córdoba restringen su uso al otoño e invierno, y aún entonces necesita el apoyo de la nebulización para mantenerlas a la temperatura adecuada (Sotomayor-León y Caballero, 1994), a menos que diariamente se coloquen y retiren dos tipos de mallas de sombreo (Celik y col., 1994).

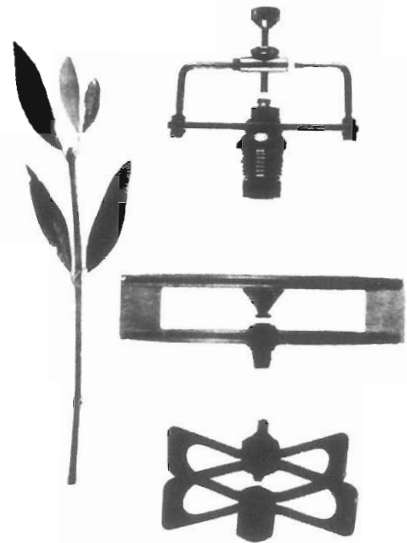


FIGURA 12

Algunos de los tipos de boquillas que producen la nebulización (de Caballero, 1980).

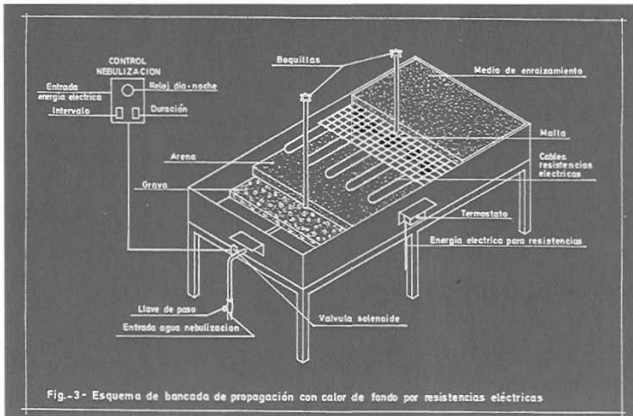


FIGURA 13

Esquema de mesa de propagación (de Caballero, 1980).

4. PRINCIPALES VENTAJAS DEL NUEVO MÉTODO DE PROPAGACIÓN

El enraizamiento se puede hacer en cualquier momento del año. Aunque el acuerdo no sea total entre los distintos autores, las épocas de final de cada uno de los dos períodos de crecimiento vegetativo del olivo parecen producir mejores resultados (Hartmann y Loreti, 1965, Porlingis y Therios, 1976, Fontanazza y Ruggini, 1981, del Río, Caballero y Rallo, 1986a, 1988, del Río, Rallo y Caballero, 1991).

La utilización de pequeñas estaquillas permite obtener bastantes más plantones de cada planta madre, por lo que se asegura mejor su identidad varietal y su calidad sanitaria, de especial importancia para viveristas y olivareros. La utilización de setos productores de estaquillas mejora dichas garantías al ser aún menor el número de árboles a utilizar. Además, tales setos serán útiles mucho tiempo. Por lo mismo, esta técnica también ha permitido asegurar la provisión de material clonal para ensayos comparativos de variedades o patrones y para caracterizar variedades por distintos parámetros de tolerancia a factores adversos de suelo (Caballero y del Río, 1990, Benlloch y col., 1991, Cordeiro, Alcántara y Barranco, 1993, Benlloch, Marín y Fernández-Escobar, 1994).

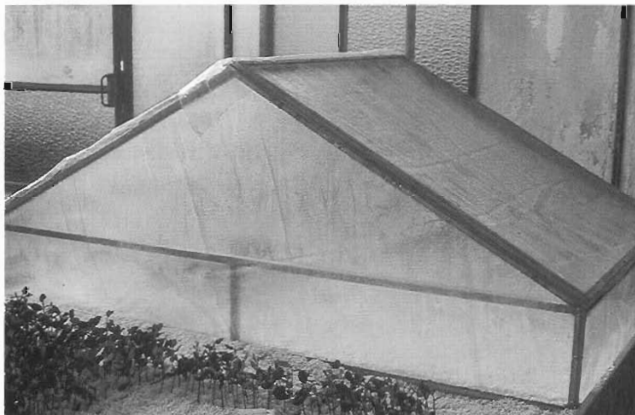


FIGURA 14

Mesa de propagación cerrada con plástico; funciona sin nebulización si la temperatura interior no pasa de 25°C.

La crianza del plantón de nebulización en bolsa, ahorra espacio de vivero y proporciona un magnífico sistema radical (Fig. 15), por lo que evita el importante gasto e inconvenientes mencionados al describir los plantones de estaca tradicional, tanto a raíz desnuda como en bolsa. Los nuevos plantones (Fig. 16) eliminan casi por completo los fallos de plantación y se desarrollan mejor en campo, ya que mantienen intacto su sistema radical. Esta nueva olivicultura permite explotar mejor el suelo mediante una densidad más adecuada, y facilita mucho la mecanización de las técnicas de cultivo, principalmente la recolección.

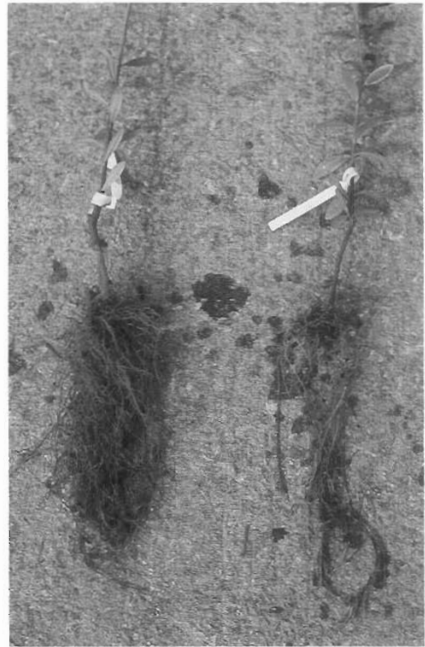


FIGURA 15

Buen desarrollo del sistema radical de los plantones de nebulización, en equilibrio con el de su copa.

Al constar de un solo tronco, estos plantones asimismo disminuyen drásticamente los gastos de poda de formación, que en el momento de plantar sencillamente consiste en elegir dos o tres ramas principales, la primera a una altura de 80-90 cm, adecuada para en su día poder recolectar la aceituna por vibración de troncos. Una vez formada dicha estructura, la poda debe limitarse a ir eliminando los brotes vigorosos que se vayan desarrollando en la cara interna de dichas ramas principales (Pastor Muñoz-Cobo y Humanes Guillén, 1989). Con todo ello se obtiene rápidamente un buen desarrollo de copa, importante para conseguir una precoz entrada en producción, fundamental para amortizar prontamente los gastos de plantación. Al compararlos con los tradicionales, estos plantones también permiten adelantar la entrada en producción del olivar (Pastor Muñoz-Cobo, 1978) y tiene una estructura más adecuada para la

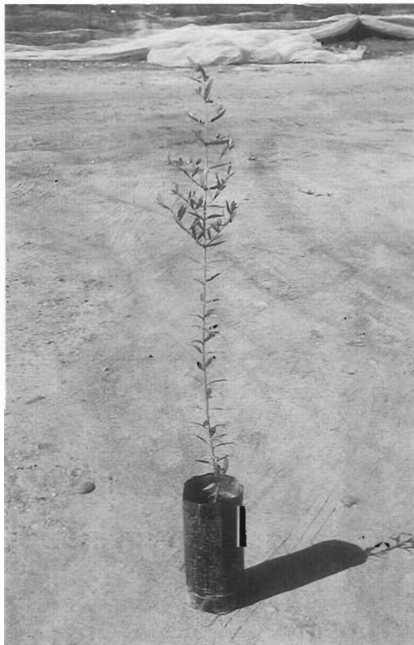


FIGURA 16

Los plantones de nebulización de un metro de altura se consiguen en poco más de un año y permiten elegir ya las ramas principales.



FIGURA 17

Jóvenes olivares modernos, obtenidos a partir de estaquillas semileñosas enraizadas bajo nebulización, con estructura más adecuada para la mecanización del cultivo.

mecanización integral del cultivo. La figura 17 muestra algunos olivares que ilustran estas características de la nueva olivicultura.

5. PRINCIPALES RESULTADOS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS SOBRE ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS BAJO NEBULIZACIÓN

La formación de raíces en tallos de una planta (entonces llamadas adventicias) consta de tres fases (Hartmann y Kester, 1980):

- a) formación de iniciales de raíz a partir de células ya diferenciadas y con otras funciones, pero que recuperan actividad meristemática,
- b) división de dichas células y formación de primordios radicales, y
- c) desarrollo de tales primordios y establecimiento de conexiones entre los tejidos vasculares de las nuevas raíces y los del tallo, así como la aparición externa de éstas.

La primera fase depende fundamentalmente de factores genéticos, sobre los que influyen auxinas y cofactores de enraizamiento. Las otras dos están ligadas a la disponibilidad de nutrientes, principalmente asimilados, ya sean de reserva o proporcionados por las hojas. Ello hace que el éxito o fracaso del enraizamiento sea resultado del equilibrio hormonal-nutricional, necesario para que las fases descritas puedan tener lugar.

Antes de comentar los principales trabajos llevados a cabo, conviene subrayar que los resultados obtenidos varían de un año a otro, aún para la misma variedad e idénticas épocas y condiciones (Loreti y Hartmann, 1964). Esta situación se sigue comprobando incluso en trabajos de preparación de plantas para ensayos experimentales, aún tratando de utilizar el mismo tipo de material vegetal. Por otra parte, la caracterización del banco de germoplasma de olivo del CIDA "Alameda del Obispo" por este criterio, también confirma la gran variabilidad genética de la especie. Y la, en general buena, capacidad de enraizamiento de la mayor parte de las variedades puede indicar que uno de los principales criterios de selección de las mismas, fue su facilidad de propaga-

ción por métodos sencillos, como se ha puesto de manifiesto enraizando la descendencia de cruzamientos intraespecíficos (Wiesman y Lavee, 1994).

5.1. INFLUENCIA DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO

Los de naturaleza auxínica, principalmente el ácido indol-3-butírico (AIB), aumentan la capacidad de enraizamiento de un gran número de variedades, aunque no en el mismo grado (Nahlawi y col., 1975, Avidan y Lavee, 1978, Caballero, 1979, Caballero, 1980, Cimato y Fiorino, 1980), lo que identifica a las auxinas como el principal factor limitante del enraizamiento, pero no el único. Se probaron diversas concentraciones, algunas muy altas, incluso de 20 gramos por litro, siendo las más utilizadas las de 2.5, 3, 4 y 5 g/l. La respuesta obtenida resultó estar determinada por la interacción entre la concentración utilizada y el tiempo de tratamiento (Nahlawi, Humanes y Philippe, 1975a,b). Al describir el método ya se ha reseñado la forma más usual de aplicar la auxina a las estaquillas, básico para el éxito del mismo: cinco segundos en una solución de AIB en etanol del 50%, a la concentración de 3 g/l.

La muy diferente capacidad de enraizamiento de las variedades de olivo y de una misma variedad en distintas épocas también se ha tratado de explicar por el distinto contenido de las bases de las estaquillas en cofactores de enraizamiento. En efecto, las de una variedad de fácil enraizamiento, mostraron mayor actividad promotora de la formación de raíces que las de otra difícil de enraizar (Avidan y Lavee, 1978). Sin embargo, aunque otro trabajo mostró que tres variedades de muy distinta capacidad de enraizamiento, casi nula en una de ellas y muy escasa en otra, tenían el mismo contenido de tales cofactores, sí que se midieron más promotores en verano que en invierno, épocas en que las estaquillas enraizaron bien y mal, respectivamente (Caballero, 1979). No obstante, ninguno de estos trabajos observó actividad inhibitoria de la rizogénesis.

El lavado de las bases de las estaquillas con agua no mejoró el porcentaje de enraizamiento salvo que fuese seguido de un tratamiento auxínico, lo que sugirió la presencia de inhibidores solubles en agua en las mismas (Avidan y Lavee, 1978, del Río, Caballero y Rallo, 1988). Sin embargo, las estaquillas con frutos eliminados no respondieron al lavado y los extractos obtenidos de sus bases, inflorescencias y frutos no disminuyeron el buen enraizamiento de estaquillas vegetativas de seto, por lo que no se confirmó la presencia de inhibidores específicos de la rizogénesis en las inflorescencias o frutos. No obstante, la eliminación de la semilla de las aceitunas (pinchándolas por su extremo distal) mejoró el enraizamiento y la formación de callo respecto de las estaquillas con semilla intacta, lo que sugirió un posible papel inhibitorio de las semillas sobre el enraizamiento, independientemente de su importante acción como sumidero de asimilados (del Río y Rallo, 1991, del Río, Rallo y Caballero, 1991).

5.2. INFLUENCIA DE LOS ASIMILADOS

La utilización de un propágulo tan pequeño obliga a mantener las hojas sobre las estaquillas hasta que se produzca la formación de raíces adventicias. Como productoras de asimilados y otras sustancias precisas para el enraizamiento, la presencia de hojas y yemas tiene un papel clave en la formación del nuevo sistema radical (Fontanazza y Rugini, 1977, Avidan y Lavee, 1978).

Las estaquillas basales, más maduras y lignificadas, suelen dar mejores resultados, lo que se ha atribuido a un más alto contenido de las mismas en asimilados (Nahlawi, Humanes y Philippe, 1975a, del Río, Caballero y Rallo, 1988). Dos variedades de muy distinta capacidad de enraizamiento mostraron diferentes contenidos de hidratos de carbono (Troncoso y col., 1976) y la aplicación de azúcares a estaquillas de una variedad difícil de enraizar mejoró su rizogénesis en ciertas épocas (Caballero y Nahlawi, 1979, del Río, Caballero y Rallo, 1988). Lo mismo ocurre con las estaquillas de árboles en producción muy jóvenes (Avidan y Lavee, 1978) o de los brotes vigorosos de aspecto juvenil de la base del tronco o de la parte interna de las ramas principales (Porlingis y Therios, 1976).

El enraizamiento de estaquillas vegetativas de seto fue mejor que el de las vegetativas de árboles en descarga, aumentando en ambas desde la fecha de brotación hasta la de recolección para verdeo; en la de reposo disminuyó, pero mucho más en las segundas, en las que llegó a cero. Por el contrario, en las tomadas de ramos con fruto, el de las estaquillas con ellos eliminados fue menor y disminuyó progresivamente durante el período de desarrollo de la aceituna, anulándose también al llegar el reposo y siempre que ésta se mantenía en las estaquillas durante el período de enraizamiento. En el momento de la brotación todas mostraron similares contenidos de hidratos de carbono, pero hasta el de recolección para verdeo fueron aumentando en las vegetativas y disminuyendo en las de olivos en producción. Esta diferente disponibilidad de hidratos de carbono en estaquillas vegetativas y fructíferas hasta el momento de su preparación podría explicar la diferencia entre sus capacidades de enraizamiento en tales fechas (del Río, Rallo y Caballero, 1991).

El mismo trabajo mostró que la continuación del desarrollo o de la maduración del fruto sobre las estaquillas durante el enraizamiento, originó una disminución aún mayor de hidratos de carbono, respecto a las con fruto eliminado, que podía ser la causa de la anulación del enraizamiento observada. En efecto, el mantenimiento de estaquillas sin y con aceitunas en una atmósfera enriquecida en CO_2 permitió comprobar que durante el período de enraizamiento, entre sus bases y frutos, se establece una competencia por los asimilados disponibles. Así, en estaquillas sin frutos las bases dispondrían tanto de las reservas acumuladas como de los nuevos asimilados proporcionados por las hojas, lo que explicaría el aumento del peso seco de las mismas, así como su mejor enraizamiento en respuesta al CO_2 . Sin embargo, en las con frutos, éstos consumirían todos los asimilados disponibles, incrementando aún más su peso e impidiendo su enraizamiento (Rallo y del Río, 1990).

La mejor capacidad de enraizamiento de las estaquillas de seto durante todo el año, respecto de las de igual tipo tomadas de olivos en descarga, no pudo, sin embargo, ser explicada únicamente por diferencias en su contenido de hidratos de carbono, ya que ambas mostraron una semejante variación estacional del mismo (del Río, Rallo y Caballero, 1991).

5.3. LA ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA BASE DE LA ESTAQUILLA

La ya mencionada distinta capacidad de enraizamiento de las variedades también se atribuyó a la presencia de tejido esclerenquimático en zonas externas a la de formación de los primordios de raíz, principalmente cuando estudios anatómicos del brote anual del olivo mostraron que la barrera física representada por tal tejido era más o

menos continua en diversas variedades (Ciampi y Gellini, 1963). Más tarde se comprobó que algunas difíciles de enraizar no tenían tales anillos esclerenquimáticos en la estructura anatómica de sus brotes y que otras fáciles de multiplicar por este método sí los presentaban (Sachs, Loreti y De Bie, 1964), y que la presión ejercida por las raíces en desarrollo rompía tal anillo independientemente de su continuidad y espesor (Troncoso y col., 1975). No obstante, la práctica de incisiones longitudinales en los dos centímetros basales de las estaquillas sí que dió resultados positivos (Casini, 1973, Nahlawi, Humanes y Philippe, 1975a, Nahlawi y col., 1975), aunque no siempre (del Río, Caballero y Rallo, 1986b).

La respuesta favorable a las incisiones se atribuyó a incrementos de los contenidos de auxina, hidratos de carbono y etileno en la zona lesionada y también a una mayor absorción de los reguladores de crecimiento aplicados (Hartmann y Kester, 1980). Sin embargo, las incisiones no tuvieron ningún efecto positivo ni en una variedad fácil ni en otra difícil de enraizar, ni en épocas del año de buena y mala capacidad de enraizamiento (del Río, Caballero y Rallo, 1986b). Dado que las estaquillas de brotes vigorosos producen mejores porcentajes de enraizamiento, la diferencia entre éstos y los resultados antes explicados probablemente no sea debida a las incisiones realizadas, sino al tipo de estaquillas utilizado. En el último caso eran del año anterior, basales, más maduras y de menor vigor, mientras que en los ensayos antes mencionados eran de la propia estación, más vigorosas y en activo crecimiento vegetativo.

6. ENRAIZAMIENTO E INJERTO EN MESAS CERRADAS

Lo mismo que el de estacas leñosas, el enraizamiento de estaquillas semileñosas bajo nebulización produce plantas autoenraizadas, pero obviando los inconvenientes de los métodos tradicionales, como se ha explicado anteriormente. El enraizamiento sigue siendo el sistema de propagación más utilizado para plantar olivares al no disponerse aún de patrones que confieran características de interés a las principales variedades. Pero algunas siguen siendo difíciles de enraizar, aún por este nuevo método (Fontanazza y Ruggini, 1981), por lo que se han puesto a punto procedimientos de injerto de taller (Jacoboni y Fontanazza, 1976), realizados en mesas en las que la nebulización se sustituye por el ambiente saturado de humedad conseguido al cubrirlas con láminas de plástico que las cierran herméticamente (Fig. 14).

Al utilizar este sistema es necesario asegurarse de que la temperatura no suba mucho en el interior de tal compartimento, lo que restringe el uso de esta técnica, también empleada para enraizar estaquillas semileñosas, a períodos de otoño e invierno. De esta forma se consigue una planta injertada en poco más de un año o una autoenraizada en el mismo tiempo que bajo nebulización. El injerto de taller de "Gordal Sevillana" se ha practicado sobre estaquillas enraizadas o sin enraizar, o sobre pequeñas plántulas de semilla (Sotomayor-León y Caballero, 1994, 1990).

7. REFERENCIAS

- Avidan, B. and Lavee, S. 1978. Physiological aspects of the rooting ability of olive cultivars. *Acta Horticulturae*, 79: 93-101.
- Benlloch, M., Arboleda, F., Barranco, D. and Fernández-Escobar, R. 1991. Response of young olive trees to sodium and boron excess in the irrigation water. *HortScience*, 26 (7): 867-870.
- Benlloch, M., Marin, L., and Fernández-Escobar, R. 1994. Salt tolerance of various olive varieties. *Acta Horticulturae*, 356, 215-217.
- Caballero, J.M. 1979. Promotores e inhibidores endógenos de la iniciación radical en olivo (*Olea europaea*, L.). *Anales INIA, Serie Producción Vegetal*, 11: 201-217.
- Caballero, J.M. 1980. Multiplicación del olivo por estaquillado semileñoso bajo nebulización. *Comunicaciones INIA, Serie Producción Vegetal*, 31: 39 pp.
- Caballero, J.M. y Nahlawi, N. 1979. Influencia de los hidratos de carbono y del lavado con agua en el enraizamiento del cultivar 'Gordal' de olivo (*Olea europaea*, L.). *Anales INIA, Serie Producción Vegetal*, 11: 219-230.
- Caballero, J.M. y Rallo, L. 1977. Duración del período de enraizamiento del olivo (*Olea europaea*, L.) por estaquillado semileñoso bajo nebulización. *Olea*, diciembre: 29-39.
- Caballero, J.M. and del Río, C. 1990. Rootstock influence on productivity parameters of two olive cultivars. XXIII International Horticultura Congress. Abstracts, I: 349.
- Casini, E. 1973. Dernières recherches sur la propagation de l'olivier par boutures. *Informaciones Oleícolas Internacionales (nueva serie)*, 60/61: 11-60.
- Celik, M., Ozkaya, M.T. and Dumanoglu, H. 1994. The research on possibilities of using polyethylene tunnels (SPT) for rooting of olive (*Olea europaea* L.). *Acta Horticulturae*, 356: 21-24
- Ciampi, C. e Gellini, R. 1963. Insorgenza e sviluppo delle radici avventizie in *Olea europaea* L.: importanza della struttura anatomica agli effetti dello sviluppo delle radichette. *Giornale Botanico Italiano*, 70: 62-74.
- Cimato, A. e Fiorino, P. 1980. Stato attuale delle conoscenze sulla moltiplicazione dell'olivo con la tecnica della nebulizzazione. *L'Informatore Agrario*, XXXVI (38): 12227-12238.
- Cordeiro, A., Alcántara, E. and Barranco, D. 1993. Differences in tolerance to iron deficiency among cultivars of olive. 7th International Symposium on Iron Nutrition and Interaction in Plants.
- Fontanazza, G. e Jacoboni, N. 1976. Il riscaldamento basale nella propagazione dell'olivo. *Frutticoltura*, XXXVII (12): 9-15.
- Fontanazza, G. e Rugini, E. 1977. Effects of leaves and buds removal on rooting ability of olive tree cuttings. *Olea*, diciembre: 9-28.
- Fontanazza, G. e Rugini, E. 1981. Radicazione delle cultivar di olivo con il metodo del "casone riscaldato". *Frutticoltura*, XLIII (2): 39-44.
- Hartmann, H.T. 1952. Further studies on the propagation of the olive by cuttings. *Proceedings American Society Horticultural Science*, 59: 155-160.
- Hartmann, H.T. and Loreti, F. 1965. Seasonal variation in the rooting of olive cuttings. *Proceedings American Society Horticultural Science*, 87: 194-198.

- Hartmann, H.T. and Kester, D.E. 1980. Propagación de plantas, principios y prácticas. CECSA, México. 814 pp.
- Loreti, F. and Hartmann, H.T. 1964. Propagation of olive trees by rooting leafy cuttings under mist. *Proceedings American Society Horticultural Science*, 85: 257-264.
- Nahlawi, N., Humanes, J. y Philippe, J.M. 1975a. Factores que afectan el enraizamiento de estaquillas herbáceas de olivo. *Anales INIA, Serie Producción Vegetal*, 5: 147-166.
- Nahlawi N., Humanes J. y Philippe, J.M. 1975b. Propagación de estaquillas herbáceas de olivo bajo nebulización en relación con la duración de la inmersión en ácido indolbutírico y con el grado de humedad de la estaquilla. *Anales INIA, Serie Producción Vegetal*, 5: 183-196.
- Nahlawi, N., Rallo, L., Caballero, J.M. y Eguren, J. 1975. Aptitud al enraizamiento de cultivos de olivo por estaquillado herbáceo en nebulización. *Anales INIA, Serie Producción Vegetal*, 5: 167-182.
- Pastor Muñoz-Cobo, M. 1978. Orientaciones sobre la poda del olivar y formación de nuevas plantaciones intensivas. *Agricultura*, 560: 967-972.
- Pastor Muñoz-Cobo, M. y Humanes Guillén, J. 1989. Poda del olivo, moderna olivicultura. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid. 142 pp.
- Porlingis, I.C. and Therios, I. 1976. Rooting response of juvenile and adult leafy olive cuttings to various factors. *Journal of Horticultural Science*, 51: 31-39.
- Porras Piedra, A., Soriano Martín, M.C., Pérez Camacho, F. y Fernández Carcelén, E. 1992. Nueva tecnología para sistemas de control de propagación de plantas bajo nebulización. *Olivae*, 41: 16-23.
- Rallo, L. and del Río, C. 1990. Effect of a CO₂ enriched environment on the rooting ability and carbohydrate level of olive cuttings. *Advances in Horticultural Science*, 4: 129-130.
- Río, C. del, Caballero, J.M. y Rallo, L. 1986a. Influencia del tipo de estaquilla y del AIB sobre la variación estacional del enraizamiento de los cultivares de olivo 'Picual' y 'Gordal Sevillana'. *Olea*, 17: 23-26.
- Río, C. del, Caballero, J.M. y Rallo, L. 1986b. Influencia de las incisiones basales sobre la variación estacional del enraizamiento de estaquillas de 'Picual' y 'Gordal Sevillana'. *Olea*, 19: 27-29.
- Río, C. del, Caballero, J.M., and Rallo, L. 1988. Influence of washing and sacharose application on the rooting of 'Gordal Sevillana' olive cuttings at different phenological stages. *Plant Propagator, Eastern Region*, II (2): 2-4.
- Río, C. del, and Rallo, L. 1991. Rooting of olive cuttings with fruit attached following killing of the seed. *HortScience*, 26 (3): 605.
- Río, C. del, Rallo, L. and Caballero, J.M. 1991. Effects of carbohydrate content on the seasonal rooting of vegetative and reproductive cuttings of olive. *Journal of Horticultural Science*, 66 (3): 301-309.
- Sachs, R.M., Loreti, F. and De Bie, J. 1964. Plant rooting studies indicate schlerenchyma tissue is not a restricting factor. *California Agriculture*, 9: 4-5.
- Sotomayor-León, E.M. and Caballero, J.M. 1990. An easy method of breaking olive stones to remove mechanical dormancy. *Acta Horticulturae*, 206: 113-116.

- Sotomayor-León, E.M. and Caballero, J.M. 1994. Propagation of 'Gordal Sevillana' olive by grafting onto rooted cuttings or seedlings under plastic-closed frames without mist. *Acta Horticulturae*, 356: 39-42.
- Troncoso, A., Chaves, M., Mazuelos, C., Nicolás, A., Prieto, J. y Liñan, J. 1976. Multiplicación de plantas de olivo por nebulización. I. Influencia del estado nutritivo de la planta madre y de la evolución de nutrientes en el ramo sobre el enraizamiento del mismo. 4th International Colloquium on the Control of Plant Nutrition, *Cient*, 1: 178-186.
- Troncoso, A., Valderrey, L., Prieto, J. y Liñán, J. 1975. Algunas observaciones sobre la capacidad de enraizamiento de variedades de *Olea europaea* L. bajo técnicas de nebulización. 1) Respuesta a la emisión de raíces y estructura anatómica. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 34 (7-8): 461-471.
- Vitagliano, C. 1982. Il vivaismo olivicolo nel Pesciatino. *Agricoltura Italiana*, 111 (37 n.s.): 21-47.
- Wiesman, Z. and Lavee, S. 1994. The rooting ability of olive cuttings from cv Manzaillo F1 progeny plants in relation to their mother cultivars. *Acta Horticulturae*, 356: 28-30.

