

# Obtención ecológica de planta de vivero de olivo

Efecto de distintos productos ecológicos en el enraizamiento de estaquillas de olivo (*Olea europaea* L.)

A. Centeno, C. Rueda y M. Gómez del Campo • Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid

## Figura 1

Ensayo con estaquillas de olivo puestas a enraizar en una mesa de nebulización sometidas a distintos productos para favorecer el enraizamiento



El sistema tradicional de multiplicación del olivo en España, consistía en enraizar estacas leñosas de 40-60 cm de longitud, obtenidas de ramas de poda. Estas estacas recibían el nombre de garrotes. Las estacas que se utilizan actualmente son más cortas, de unos 20 cm, y se ponen a enraizar en bolsas de plásticos en el vivero o en la propia finca. La multiplicación por estacas requiere gran cantidad de material vegetal, con lo que se dificulta el control genético y sanitario. La poda de formación es más costosa, ya que la estaca favorece el crecimiento en mata del olivo.

Hartmann (1946) puso a punto, en el olivo, la técnica de propagación por enraizamiento de estaquillas semi-leñosas bajo nebulización, lo que permitió enraizar brotes del año, que tienen menos capacidad de formar raíces que las estacas, consiguiéndose un gran número de plantas del mismo olivo. El método está basado en la aplicación de productos que favorecen el enraizamiento, provocando la emisión de varias raíces adventicias en las bases de pequeñas estaquillas con hojas. La nebulización permite mantener sobre las hojas de la estacilla una fina película de agua. De esta forma, se disminuye la temperatura de la hoja y se reduce la transpiración, evitando así la deshidratación. La instalación de

calor de fondo (23-25°C) y la utilización de sustratos porosos (perlita) facilitan el crecimiento de las raíces iniciadas (Caballero y col., 1994).

La formación de raíces se produce en cuatro etapas: primeramente, tiene lugar una desdiferenciación de células del tallo como respuesta a una herida; posteriormente, algunas de estas células, cercanas a los tejidos vasculares, forman iniciales de raíz; estos iniciales de raíz se desarrollan y forman los primordios de raíz; y por último, se produce el 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 (Hartmann y col., 2002). Las raíces, a menudo, emergen a través de la formación de un callo, que es una masa irregular de células parenquimáticas en distintos estados de lignificación, que se desarrolla en la parte basal de la estaca cortada. En especies fáciles de enraizar no se ha encontrado relación entre el callo y el enraizamiento, sin embargo, en especies de difícil enraizamiento se ha observado la formación de raíces a partir del callo (Hartmann y col., 2002). El enraizamiento depende fundamentalmente de factores genéticos, sobre los que influyen auxinas y cofactores de enraizamiento. Ello hace que el éxito o el fracaso del enraizamiento sea resultado del equilibrio hormonal-nutricional necesario para que las fases descritas tengan lugar.

La multiplicación del olivo a partir de estaquillas semi-leñosas, se basa en la utilización de productos que favorecen el enraizamiento, ya que sin ellos, el porcentaje de estaquillas enraizadas sería bajo en muchas variedades. A mediados de los años 30 se descubrió que las auxinas afectaban al desarrollo de raíces (Thimann y Went, 1934). Posteriormente Zimmerman y Wilcoxon (1935) demostraron que los productos de síntesis Ácido indolbutírico (AIB) y Ácido  $\alpha$ -naftalenoacético (ANA), eran más eficaces que la auxina natural Ácido indolacético (AIA). Se considera que AIB es la mejor auxina sintética porque no produce efectos tóxicos en la planta, en un amplio rango de concentraciones es relativamente estable, y puede conservarse en oscuridad y refrigerado. En el enraizamiento de estaquillas de olivo, el producto que mejores resultados ha dado es la auxina sintética Ácido indolbutírico (AIB) (Hartmann, 1946). Las auxinas se sintetizan en tejidos meristemáticos. Ya en la

Edad Media, los jardineros holandeses envolvían las estacas con granos de cereal para facilitar el enraizamiento. Actualmente se sabe que las semillas cuando germinan producen auxinas (Hartmann y col., 2002). Desde 1935, que se aisló la auxina en *Rhizopus suinus* (Thimann, 1935), numerosos trabajos han demostrado la síntesis de auxinas por los hongos (Gruen, 1959). También se han identificado concentraciones de AIA en algas marinas (Ashen y col., 1999).

La agricultura ecológica, también denominada agricultura biológica u orgánica, define un sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de productos de máxima calidad, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra. La superficie total dedicada, en España, a la agricultura ecológica, ha ido aumentando progresivamente, pasando de tan solo 4.235 ha y 396 operadores (productores, elaboradores e importadores) en 1991 hasta alcanzar 807.569 ha y 17.509 operadores en 2005. Los principales cultivos ecológicos son los cereales y leguminosas, con un total de 96.313 ha (26% del total de cultivos ecológicos), seguidos muy de cerca del olivar con 91.485 ha (25% del total). Las Comunidades Autónomas con mayor extensión de olivar ecológico son Andalucía, con 41.515 ha, y Extremadura, con 32.824 ha, lo que supone un 81% de la extensión total nacional. En cuanto a las almazaras y/o envasadoras de aceite sometidas a control, a nivel nacional suman un total de 226 (MAPA, 2005).

En Europa (Reglamento (CE) nº1452/2003) y EEUU (The Organic Foods Production Act of 1990, as amended, 7 U.S.C. 6501 et seq.) se autoriza, para las nuevas plantaciones ecológicas, durante un periodo transitorio, el empleo de material de reproducción vegetativa que no se haya producido mediante el método de producción ecológica, siempre y cuando los productores no puedan conseguir material obtenido por el método de producción ecológica.

Actualmente no existe información sobre productos que pudieran sustituir al AIB en el enraizamiento de estacas semileñosas de olivo para obtener planta, según los métodos de producción ecológica, de forma rentable (Suárez y col., 2002). El objetivo de este trabajo es evaluar distintos productos autorizados en agricultura ecológica con conocido efecto auxínico, que puedan utilizarse en el enraizamiento de estacas de la variedad Cornicabra.

## Material y métodos

Los ensayos fueron realizados en el vivero situado en el Centro de Transferencia Tecnológica "La Isla" del Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria de la Comunidad de Madrid (IMIDRA), ubicado en Arganda del Rey (40' 19"N; 3' 26"W) (Figura 1).

La variedad empleada fue Cornicabra, segunda variedad más cultivada en España. Las plantas madres se encontraban en un olivar ecológico en Campo Real (Madrid). En Enero de 2003 y 2004, se prepararon estacas de brotes del año de 15 cm y dos pares de hojas. Las estacas se pusieron a enraizar en mesa de ne-

**Figura 2**  
Detalle de las estacas puestas a enraizar en la mesa de nebulización



bulización rellena de perlita, con sistema de calefacción por resistencias eléctricas recubiertas con plástico, dotado de un termostato a 24°C. La nebulización se conseguía con boquillas de aspersión cada 0,40 m, que proporcionaban una niebla fina y espaciada. Para controlar un humedecimiento constante, se disponía de una hoja eléctrica, dotada de dos terminales, que abría o cerraba el circuito que controlaba la válvula de riego, según estuviera seco o húmedo (Figura 1 y 2).

Durante 2003, se evaluaron siete tratamientos: 1). Ácido Indol Butírico (AIB). Se sumergió la base de las estacas durante siete segundos en una solución de AIB a 3000 ppm. 2). Sin tratamiento (ST). Las estacas se pusieron a enraizar sin aplicación basipeta de ningún producto. 3). Extracto de Alga (ALG). Se aplicó a la base de la estaca durante siete segundos una solución alcohólica de alga *Fucus* de la casa comercial ELATIED S.A. Estas algas, además de nutrientes esenciales, contienen hormonas promotoras del crecimiento. 4). Levadura de cerveza (LEV). Se impregnó la base de las estacas, previamente mojadas, con levadura de cerveza en polvo (*Saccharomyces cerevisiae*) de ELATIED. Los hongos son ricos en proteínas, minerales y vitaminas y hormonas. 5). Semillas ecológicas de girasol (SEM). Las estacas se colocaron sobre una cama de semillas y perlita (4-5 semillas/estaca). Las semillas, de la casa comercial L'ORTO BIOLOGICO, producen auxinas al germinar. 6). Sm-6 Orgánico® (Sm-6). La base de las estacas se sumergieron du-

**Las CC.AA. que tienen las mayores extensiones de olivar ecológico son Andalucía, con 41.515 ha, y Extremadura, con 32.824 ha, lo que supone un 81% de la extensión total nacional**

**Figura 3**

Estado de las estaquillas después de dos meses en mesa de nebulización, de izquierda a derecha: sin raíz ni callo ni engrosamiento; con engrosamiento; con emisión de alguna raíz; y con emisión de gran número de raíces

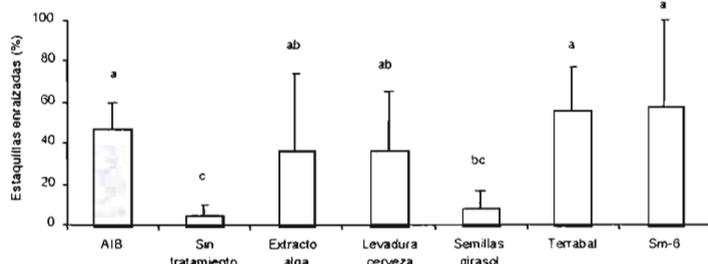


rante 1 hora y 20 minutos en este extracto de algas marinas (30% p/v) de la empresa PLYMAG S.L., que tiene efecto bioestimulante debido a las hormonas de crecimiento y los nutrientes esenciales que contiene (<http://www.plymag.com>). Este producto está autorizado para su uso en agricultura ecológica. 7). Terrabal Orgánico® (Terrabal). La base de cada estaquilla se sumergió durante 1 h y 20 minutos en este bionutriente de la empresa PLYMAG S.L., que es apto para ser usado en cultivo ecológico. Este producto procede de la extracción de la parte soluble de las semillas maceradas, es decir, proteínas solubles, aminoácidos, vitaminas y fitohormonas naturales. El diseño experimental consistió en tres bloques con siete tratamientos al azar. Cada repetición la integraban 30 estaquillas, de las cuales, 12 centrales se consideraron de control.

Una vez finalizado el ensayo del 2003, se eligieron los

**Figura 4**

Efecto de los distintos tratamientos ensayados en 2003 en el porcentaje de enraizamiento. Tratamientos con letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes según test de Duncan ( $p < 0,05$ ). Las barras representan la desviación estándar



dos productos ecológicos que dieron mejores resultados (Terrabal Orgánico® y Sm-6 Orgánico®), y se planteó un nuevo ensayo en 2004 para poner a punto el uso de estos productos, como posible sustituto de AIB para la obtención de planta ecológica de olivo. Se evaluaron siete tratamientos: AIB, Terrabal-1h, Terrabal-4h, Terrabal-8h (inmersión de la base de las estaquillas en Terrabal Orgánico® durante 1, 4 y 8h, respectivamente); Sm-6-1h, Sm-6-4h y Sm-6-8h (inmersión de la base de las estaquillas en Sm-6 Orgánico® durante 1, 4 y 8h, respectivamente). El diseño experimental fue de cuatro bloques con siete tratamientos al azar. Cada repetición la integraban 25 estaquillas, de las cuales, nueve centrales se consideraron de control. El mismo ensayo se estableció en tres parcelas en la misma mesa de nebulización.

Pasados dos meses, se extrajeron las estaquillas control de la mesa de nebulización (Figura 3). Se contaron el número de raíces por estaquilla. A partir de estos datos se calculó, para cada repetición, el porcentaje de enraizamiento y el número de raíces por estaquilla.

El análisis estadístico de los resultados se realizó con el programa MSTAT-C (Universidad de Michigan), realizando el análisis de la varianza con separación de medias mediante el test de Duncan ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

El porcentaje de enraizamiento de las estaquillas tratadas con AIB (47%), Sm-6 (58%) y Terrabal (56%) fue significativamente superior a las estaquillas ST (6%) y SEM (8%) (Figura 4). El número medio de raíces desarrolladas en las estaquillas tratadas con Sm-6 (5,4) y Terrabal (4,9) fue significativamente superior a ST (0,1) y SEM (0,2) (Figura 5). No se observaron diferencias significativas entre AIB, Sm-6 y Terrabal ni en el porcentaje de estaquillas enraizadas ni en el número de raíces desarrolladas en cada estaquilla.

A pesar de que las tres parcelas establecidas en 2004 se localizaron en la misma mesa de nebulización, el porcentaje medio de estaquillas enraizadas dependió significativamente de la parcela que se tratara. El porcentaje de enraizamiento de AIB en la parcela 1 fue del 86%, en la parcela 2 del 61% y en la parcela 3 del 14% (Tabla 1). Analizando estadísticamente los tratamientos en las tres parcelas, se observa que el porcentaje de estaquillas enraizadas al aplicar AIB (54%) fue significativamente superior a las tratadas con Terrabal-4h (13%) y Terrabal-8h (4%), y Sm-6-1h (30%), Sm-6-4h (20%) y Sm-6-8h (24%) (Figura 6). Al prolongar el tiempo de tratamiento con Terrabal, el porcentaje de estaquillas enraizadas disminuyó significativamente al pasar de 1h (39%) a 4 y 8h. Sin embargo, al aumentar el tiempo de exposición al Sm-6, no se ha verificado un efecto significativo en la respuesta de las estaquillas al enraizamiento. El número de raíces desarrolladas sometiendo las estaquillas al AIB (6,1) fue significativamente superior al Terrabal-4h (1,2), Terrabal-8h (0,4), Sm-6-1h (2,9), Sm-6-4h (2,1) y Sm-6-8h (2,7). Con Terrabal, el número de

raíces por estaquilla obtenido al pasar de 1h (4,0) a 8h, disminuyó significativamente, lo que no ocurrió con Sm-6, cuyos resultados no fueron significativamente diferentes al aumentar la duración del tratamiento (Figura 7). No se observaron diferencias significativas entre el AIB y Terrabal-1h, ni en el porcentaje de estaquillas enraizadas, ni en el número de raíces desarrolladas.

### Discusión

En este trabajo se pretendía encontrar productos que, aplicados a la base de las estaquillas de var. Cornicabra, permitieran alcanzar porcentajes de enraizamiento similares al AIB. El único trabajo al que hemos tenido acceso, en el que se buscaba sustituir AIB por algún producto ecológico, fue realizado por Suárez y col. (2002), donde se testaron productos comerciales, llamados Auxym Òligo, Roots y Micor+AA, no habiendo en ninguno de ellos, un porcentaje de enraizamiento significativamente superior a las estaquillas sin tratamiento.

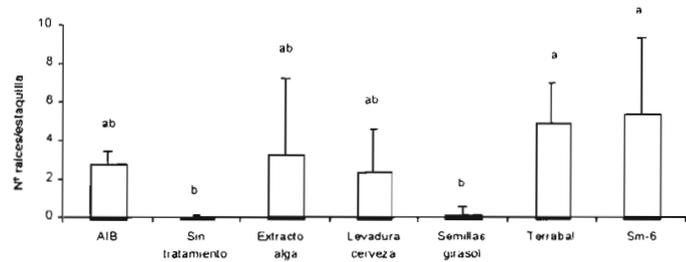
En el presente trabajo se eligieron productos o tratamientos ecológicos con efecto auxínico: hongos, algas y semillas en germinación. Se aplicó levadura de cerveza a la base de las estaquillas (LEV). De entre los productos ecológicos procedentes de algas se eligieron: extracto de *Fucus* en alcohol (ALG) y Sm-6 Orgánico® (Sm-6). Las semillas cuando germinan producen auxinas, por eso se decidió estaquillar sobre una cama de semillas ecológicas de girasol (SEM) y emplear Terrabal Orgánico® (extracto soluble de semillas) (Terrabal).

En ambos años de ensayo, el porcentaje de estaquillas enraizadas aplicando AIB (47% en 2003, y 86, 61 y 14% en las tres parcelas, respectivamente, del 2004) se sitúan dentro de los registrados por otros autores en Cornicabra. Wiesman y Lavee (1995) consideraron esta variedad de facilidad media de enraizamiento (37% de estaquillas enraizadas), sin embargo Del Río y Caballero (2005) observaron que enraizaba el 70% de las estaquillas, por lo que la consideran de fácil enraizamiento.

Se ha observado una gran variabilidad en el porcentaje de enraizamiento utilizando el mismo producto, entre

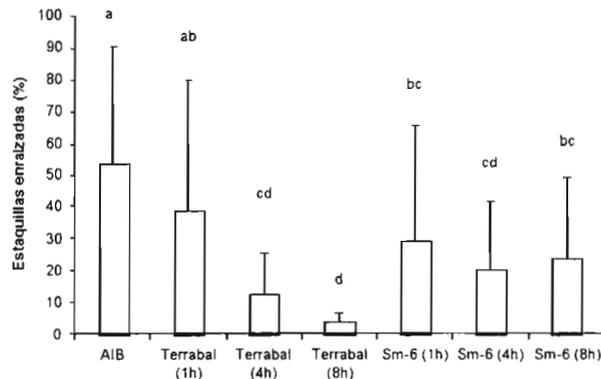
**Figura 5**

Efecto de los tratamientos ensayados en 2003 en el número de raíces desarrolladas. Tratamientos con letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes según test de Duncan ( $p<0,05$ ). Las barras representan la desviación estándar



**Figura 6**

Efecto de los tratamientos ensayados en 2004 en el porcentaje de enraizamiento. Media y desviación de tres parcelas. Tratamientos con letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes según test de Duncan ( $p<0,05$ ). Las barras representan la desviación estándar



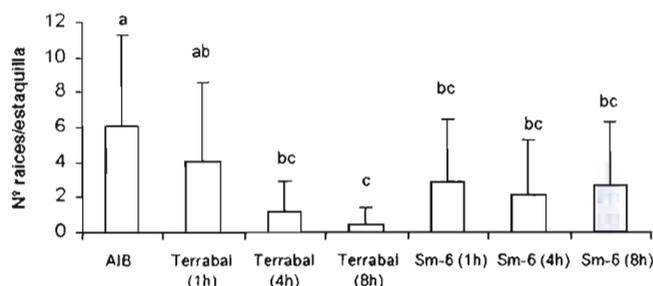
**Tabla I**

Efecto de los tratamientos ensayados en 2004 en el porcentaje de estaquillas enraizadas en tres parcelas. Tratamientos con letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes según test de Duncan ( $p<0,05$ )

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
<b>AIB</b>	86,1 ± 21,0 a	61,1 ± 23,1 a	13,9 ± 10,6 a
<b>Terrabal (1h)</b>	83,3 ± 11,1 ab	30,6 ± 27,8 b	2,8 ± 5,6 b
<b>Terrabal (4h)</b>	25,0 ± 14,0 de	13,9 ± 16,7 b	0 b
<b>Terrabal (8h)</b>	5,6 ± 11,1 e	5,6 ± 6,4 b	0 b
<b>Sm-6 (1h)</b>	69,4 ± 25,0 abc	19,4 ± 14,0 b	0 b
<b>Sm-6 (4h)</b>	41,7 ± 31,0 cd	19,4 ± 22,9 b	0 b
<b>Sm-6 (8h)</b>	50,0 ± 26,4 bcd	22,0 ± 20,3 b	0 b

**Figura 7**

Efecto de los tratamientos ensayados en 2004 en el número de raíces desarrolladas. Media y desviación de tres parcelas. Tratamientos con letras diferentes indican valores estadísticamente diferentes según test de Duncan ( $p < 0,05$ ). Las barras representan desviación estándar



años y entre parcelas (Figura 4 y 6). Estas diferencias son debidas a los distintos factores que determinan el enraizamiento (características de la madera) y a las diferencias inherentes al ensayo (temperatura, humedad) (Hartmann y col., 2002).

En 2003, el único tratamiento que no aumentó significativamente el porcentaje de estacas enraizadas, respecto a no dar ningún tratamiento, fue el estacillado sobre una cama de semillas (Figura 4), a pesar de que éstas cuando germinan producen auxinas, lo que puede deberse a que las plántulas de girasol consumieron agua y por tanto, redujeron la disponibilidad hídrica de las estaquillas.

En 2003, el porcentaje de enraizamiento de Sm-6 y Terrabal, durante 1h y 20 min, no resultó significativamente diferente al tratamiento con AIB (Figura 4). En 2004, el porcentaje de enraizamiento con Terrabal-1h tampoco resultó significativamente diferente a AIB (Figura 6). Terrabal parece tener algún compuesto, procedente de las semillas maceradas, fitotóxico para las estaquillas, ya que al incrementar el tiempo de inmersión de la base de las estaquillas en este producto, se reduce significativamente el porcentaje de enraizamiento (Figura 6).

Detalle de estaca enraizada



## Conclusiones

Tanto en el porcentaje de enraizamiento, como en el número de raíces desarrolladas, AIB no ha presentado diferencias significativas con Sm-6 y Terrabal en 2003, ni con Terrabal-1h en 2004. Por lo que, el empleo de Terrabal Orgánico®, se plantea como una buena alternativa al AIB dentro de la propagación del olivo, según la normativa referente a la producción ecológica de material de reproducción vegetativa. Asimismo, es importante regular el tiempo de inmersión de las estaquillas en Terrabal Orgánico®, ya que al prolongarlo, se produce una disminución importante el porcentaje de estaquillas enraizadas.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a las instalaciones de propagación que puso a nuestra disposición el Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria de la Comunidad de Madrid (IMIDRA).

## Bibliografía

- ASHEN, JB.; COHEN, JD.; GOFF, LJ. 1999- GC-SIM-MS detection and quantification of free indole-3-acetic acid in bacterial galls on the marine alga *Prionitis lanceolata* (Rhodophyta). *Journal of phycology*, 35 (3). 493-500.
- CABALLERO, JM.; DEL RÍO, C. 1994. Propagación del olivo por enraizamiento de estaquillas semileñosas bajo nebulización. Comunicación I+D Agroalimentaria, 7/94. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. 23 pp.
- DEL RIO, C. y CABALLERO, JM. 2005. Aptitud al enraizamiento. En *Varietades de olivo en España*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 277-308.
- GRUEN, HE. 1959- Auxins and fungi. *Ann. Rev. Plant Physiology*, 10. 405-440.
- HARTMANN, HT. 1946- The use of root-promoting substances in the propagation of olives by soft-wood cuttings. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 48. 303-308.
- HARTMANN, HT.; KESTER, DE.; DAVIES, FT.; GENEVE, RL. 2002. *Plant propagation. Principles and practices*. Prentice Hall, New Jersey. 880 p.
- RALLO, L.; BARRANCO, D.; CABALLERO, JM.; DEL RÍO, C.; MARTÍN, A.; TOUS, J.; TRUJILLO, I. 2005. *Varietades de olivo en España*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 478 pp.
- SUÁREZ, MP.; LÓPEZ, EP.; ORDOVÁS, J.; PÉREZ, I.; AGUIRRE, I. 2002. *La olivicultura ecológica en España*. Eds. V. González y R. Muñoz. El Olivo S.L. Úbeda (Jaen). 113 pp.
- THIMANN, KV. 1935- On the plant growth hormone produced by *Rhizopus suinus*. *J. Biol. Chem.* 109. 279-291.
- THIMANN, KV.; WENT, FW. 1934- On the chemical nature of the root-forming hormone. *Proc. K. Ned. Acad. Wet. Ser. C Biol. Med. Sci.* 37. 456-459.
- WIESMAN, Z. y LAVEE, S. 1995- Enhancement of IBA stimulatory effect on rooting of olive cultivar stem cuttings. *Scientia horticultrae* 62 (3). 189-198.
- ZIMMERMAN, P.; WILCOXON, F. 1935- Several chemical growth substances which cause initiation of roots and other responses in plants. *Contrib Boyce Thomp Inst.* 7. 209-228.