

Bases para el cultivo del almendro en ecológico

Estrategias para la mejora de la fertilidad del suelo y relaciones biológicas planta-patógeno

B. Bielsa¹ y M.J. Rubio-Cabetas^{1,2}.

¹ Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza.

² Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza.

La almendricultura ecológica se puede definir como un compendio de técnicas agrícolas que restringe el uso de productos químicos de síntesis, como fertilizantes o plaguicidas, con el objetivo de preservar el medio ambiente, mantener o aumentar la fertilidad del suelo, haciendo más sostenible la gestión del cultivo y proporcionando almendras con todas sus propiedades naturales. En este artículo se analizan las claves para conseguir estos objetivos en un cultivo ecológico de almendro.

En la Unión Europea existe una estricta normativa que permite controlar y garantizar una correcta gestión del cultivo en ecológico. El 1 de enero de 2022 entró en vigor el Reglamento (UE) 2018/848 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos, por el que se derogó el Re-



glamento (CE) nº 834/2007. Además, los productos alimenticios con al menos un 95% de ingredientes procedentes de la agricultura ecológica se etiquetan con el distintivo característico establecido por la Unión Europea para que, de esta manera, el consumidor pueda identificarlo como producto ecológico.

Desde el año 2020 está aumentando considerablemente la superficie que adquiere el sistema ecológico debido a las directrices que marca el Pacto Verde Europeo para una producción más respetuosa con el medio ambiente, el cual exige que de la superficie agraria útil (SAU) de la UE, al menos un 25% de cada cultivo sea en ecológico. En 2022 la superficie de almendro en ecológico en España sería de 166.077 ha, de las cuales 126.635 ha corresponderían al 100% que ya está en ecológico y 39.442 ha estarían en reconver-

sión (Borras 2021). Con los conocimientos actuales y el desarrollo de productos biofertilizantes y biopesticidas es más fácil realizar un cultivo ecológico del almendro, aunque sin duda este será más rentable en zonas donde la incidencia de enfermedades fúngicas sea menor, es decir, en zonas con menor humedad que, a su vez, tienen más restringido el uso del agua. Otros de los factores que ha contribuido a este cambio de paradigma son las razones de rentabilidad. En los últimos años, han sido notables las diferencias del precio de almendra ecológica respecto a la convencional, pudiendo oscilar hasta 3-4 €/kg.

La almendricultura ecológica se basa en una serie de principios que deben seguirse. Estos son:

- (i) La defensa natural frente a las plagas, en lugar del uso de tratamientos fitosanitarios.

- (ii) La prevención de las enfermedades a través de medidas profilácticas (como que la densidad de árboles no produzca mucha sombra).
- (iii) La prioridad en el uso de los recursos de la explotación
- (iv) El mantenimiento y la mejora de la fertilidad del suelo (Felipe *et al.*, 2022).

Mantenimiento y mejora de la fertilidad del suelo

El objetivo agronómico de la producción ecológica es mantener e incrementar esta fertilidad a medio/largo plazo. Este hecho obliga, en el caso del almendricultor, a controlar tres factores principales de deterioro que afectan a la mayoría de los campos de cultivo de la Cuenca mediterránea: la erosión hídrica, la degradación física y la degradación biológica. La intensidad de ac-

FERTTYBYO® 100% Orgánico
Bioestimulante y Biofertilizante **microbiológico**



Nueva fertilización + Precisa + Sostenible

Mayor productividad
y rentabilidad natural

- ◇ Mejora la **estructura y nutrientes** del suelo
- ◇ **Potencia las defensas** frente al estrés y patógenos
- ◇ Incrementa la **masa foliar y radicular**
- ◇ Aumento del **rendimiento y producción** del cultivo



We nourish, strengthen and improve
+34 976 169 181 · info@arvensis.com · arvensis.com



ción de cada uno de estos factores se acentuará como consecuencia de malas prácticas agrícolas como el uso indiscriminado del riego, la eliminación de la cubierta vegetal o la no restitución de la materia orgánica mineralizada. Por tanto, seis técnicas van a ser claves en el buen manejo y la fertilización del suelo en las parcelas de almendro en ecológico: (i) el uso de cubiertas vegetales; (ii) el compostaje en la propia finca; (iii) la incorporación de residuos de la poda; (iv) la aplicación de estiércol; (v) el uso de biofertilizantes; y (vi) el mantenimiento de la actividad biológica del suelo.

Empleo de cubiertas vegetales

En las plantaciones de almendro en ecológico, la cubierta vegetal debe mantenerse el máximo tiempo posible en el terreno para que, de esta forma, además de atenuar los efectos de la erosión, evitemos otras prácticas culturales inadecuadas como son el exceso de laboreo, la compactación por un excesivo paso de maquinaria y la aplicación sistemática de herbicidas (figura 1). Además, sirve de hospedaje para depredadores que ayuden al control biológico.

Es aconsejable que prime el establecimiento de cubiertas vegetales silvestres a partir de las plantas que crecen espontáneamente entre las calles debido a su menor coste, la gran cantidad de biomasa que aportan y la biodiversidad de especies que representan. Sin embargo, debido al uso indiscriminado de herbicidas que se ha realizado de manera previa al establecimiento del cultivo en ecológico del almendro, hace que estas cubiertas vegetales espontáneas tengan un escaso valor ecológico. Asimismo las especies que domi-

FIG. 1 Plantas bioindicadoras de los suelos.

Fuente: Torrejón y Arroyo, 2010.

| Planta - indicador | Planta - indicador |
|---|--|
|  <p>Ortiga: <i>Urtica dioica/urens</i> -Buena fertilidad, leve compactación -Alto contenido de nitrógeno y carbono orgánico</p> |  <p>Rábano silvestre: <i>Raphanus raphanistrum</i> -Deficiencia de Boro y Magnesio -Suelo rico en bases activas. Tierras húmedas</p> |
|  <p>Diente de león: <i>Taraxacum officinale</i> -Presencia de nitrógeno orgánico animal. - Compactación y leve anaerobiosis.</p> |  <p>Helecho: <i>Pteridium aquilinum</i> -Suelos ácidos -Alto contenido de aluminio -Terrenos frescos</p> |
|  <p>Amapola: <i>Papaver rhoeas</i> -Alto contenido de Calcio y potasio en el suelo. -Deficiencia de nitrógeno. -Pobre retención de agua</p> |  <p>Cenizo: <i>Quercus pedunculata</i> -Tierras muy labradas. -Poca materia orgánica</p> |
|  <p>Verdolaga: -Suelo fértil</p> |  <p>Jaramago: <i>Dipsacis sp.</i> -Aplicación de fertilizante -Exceso de potasio</p> |
|  <p>Hortelana de burro: -Suelo compactado</p> |  <p>Grama: -Suelos muy compactados</p> |

nan estas cubiertas vegetales son, en muchos casos, indicadoras del tipo de suelo en el que se implantan (figura 1). Por ello, puede realizarse también la siembra de mezcla semillas silvestres (con mayor contenido de leguminosas que de gramíneas o crucíferas) adaptadas a la zona procedentes de cultivo ecológico, aunque podrían utilizarse semillas convencionales previa consulta al organismo de control competente y siempre que no hayan sido tratadas previamente, así como el empleo de estiércol para la fertilización.

Compostaje de residuos en la propia finca

Mediante el compostaje en la propia finca se permite el aprovechamiento de la microbiota asociada al propio suelo, muy beneficiosa en el manejo del cultivo (foto 1). En

el proceso de compostaje, el cual debe ser guiado por un técnico especialista, es necesario controlar los materiales iniciales a utilizar, ya que estos son función de las necesidades específicas de los almendros. Los parámetros de temperatura y humedad durante el proceso de compostaje son fundamentales.

El resultado es un compost que actúa como abono para nuestros suelos, como una herramienta para la protección frente a plagas y enfermedades, ya que por una parte estamos nutriendo adecuadamente a la microbiología del suelo que a su vez nutre a los árboles y, por otro lado, cuando finalizamos un proceso de compostaje obtenemos más de 400 especies de microorganismos que nos ayudan al control de enfermedades ya sea por antagonismos, alimentación, sustancias alelopáticas o antibióticos naturales (cuadro I).

La base del compostaje es una relación de carbono y nitrógeno que se incorpora a partir de diferentes fuentes. La relación al comienzo del proceso suele ser 20% nitrógeno, que es aportado por materias frescas como resto de siega, destrío, restos orgánicos y posos de café; 30% carbono, aportado por resto de poda, paja, hojas secas y ceniza; además, el resto estará formado por un 40% de estiércol y, finalmente, un 10% de tierra de la propia finca. Así la proporción resultante es 20-30-40-10 (N-C-E-T). El compost resultante no solo actuará como abono, sino que servirá como protección frente a plagas y enfermedades.

Incorporación de restos de poda triturados

La incorporación de los restos de poda es una fuente barata de materia orgánica.



CUADRO 1

ANTIBIÓTICOS PRODUCIDOS POR LOS MICROORGANISMOS.

| Grupo microbiano | Antibióticos | Grupo microbiano | Antibióticos | Grupo microbiano | Antibióticos |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| HONGOS | 1006 | BACTERIAS | 863 | ACTINOMICETOS | 6078 |
| Ficomicetos | 14 | Pseudomonas | 171 | Esp Micobacterium | 4 |
| Ascomicetos | 299 | Enterobacterias | 36 | Esp Actinoplanes | 18 |
| Penicillium | 123 | Micrococcos | 16 | Esp Streptomyces | 3872 |
| Aspergillus | 115 | Lactobacilus | 28 | Esp Micronospora | 41 |
| Basisiomicetos | 140 | Bacilos | 338 | Esp Thermoactinomyces | 17 |
| Hongos imperfectos | 315 | Bacterias diversas | 274 | Esp Nocardia | 48 |
| | | | | Otros Actinomicetos | 2078 |

Además de mejorar el balance hídrico del suelo, restituye una cantidad de los nutrientes extraídos al agrosistema, siendo a su vez una fuente de carbono (foto 1).

Aplicación de estiércol

El Reglamento de agricultura ecológica obliga a que el estiércol que se utilice proceda de ganadería extensiva. Si su origen

es la ganadería intensiva, se deberá contar con la autorización del organismo de control ecológico pertinente. Hay que tener en cuenta que el estiércol tiene que estar maduro en el momento de la aplicación para evitar daños y quemaduras en las raíces de los almendros, además de un consumo de nitrógeno del suelo necesario para su completa fermentación. Por otro

lado, en el estiércol fresco puede proliferar la larva del gusano blanco (*Melolontha papposa*) que también puede ocasionar daños radiculares. También es necesario evitar la aplicación de esta enmienda debajo de la línea de goteros, ya que se pueden ocasionar condiciones de anaerobiosis que generen pérdidas de nitrógeno.

Además, en zonas sensibles a nitratos, se deberán respetar los programas establecidos. Los estiércoles y purines no se aplicarán sobre terrenos encharcados o con nieve. Cuando las explotaciones se encuentren en zonas vulnerables conforme a la Directiva de nitratos, se definirá la gestión ambiental adecuada para la lixiviación de purines debiendo respetarse la normativa vigente en cada región. Debido a que tanto la adquisición como la aplicación de fertilizantes orgánicos tienen un coste elevado, es recomendable ajustar la

CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS



Queremos que te sientas orgulloso de tus cultivos



TIENDA ONLINE



PYME INNOVADORA



Válido hasta el 14 de Mayo de 2024



900 502 401 · www.e-econex.com · PRODUCTOS FABRICADOS EN ESPAÑA

dosis y la frecuencia con la que se aporten al cultivo.

Otra forma de aplicar la materia orgánica es introduciendo directamente el ganado en la finca. Los animales que mejor se adaptan al cultivo del almendro son las ovejas y los caballos. Es recomendable que el campo disponga de una cubierta vegetal abundante y variada para que los animales eviten alimentarse de los propios almendros y no los dañen. El control de la carga ganadera y su permanencia en el campo es necesario para evitar problemas de erosión por exceso de pisoteo.

El cálculo de las dosis teóricas de diferentes estiércoles a aplicar para satisfacer las necesidades deseadas se realiza seleccionando el tipo de estiércol disponible en cada zona y según las características de cada uno, se puede calcular el porcentaje de cada tipo de estiércol para obtener una composición definitiva que se acerque a las necesidades establecidas lo más posible. En el **cuadro II** se detalla el valor en kilos de fertilizante por tonelada de estiércol.

Fertilizantes y acondicionadores del suelo en agricultura ecológica

Existe la creencia de que los fertilizantes de origen mineral están prohibidos en agricultura ecológica, cuando no es así. El contenido de muchos nutrientes es bajo en los residuos orgánicos y difícilmente se podrían solventar las carencias nutritivas del almendro si no se pudieran aportar en forma de productos minerales. Por tanto, en el cultivo de almendro en ecológico se pueden utilizar fertilizantes de origen mineral siempre que estos no se hayan elaborado mediante métodos químicos sintéticos.

Estos abonos procederán de rocas o minerales naturales que no hayan sufrido



Foto 1. Pila de compost para realizar la fertilización orgánica del almendro.

alteración física por molienda, trituración, etc. Su solubilidad es baja, por lo que se aplican en forma de polvo varios meses antes de necesitarlo el cultivo. La posibilidad de aplicaciones de abonos y estimulantes foliares se reservará a situaciones

con requerimientos especiales, como es el caso de plantaciones jóvenes o recuperación de situaciones de estrés.

Actividad biológica del suelo

Los organismos del suelo varían desde bacterias de 0,001 μm, hasta gusanos de tierra de más de 1 m de longitud. Todos tienen un papel muy importante en la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la fertilización del suelo.

Entre los microorganismos presentes en el suelo, se encuentran las bacterias que desempeñan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica, especialmente en las fases más iniciales. Destacan *Rhizobium*, *Azobacter*, *Agrobacter* y *Azospirillum*, que contribuyen en la fijación del nitrógeno; las actinobacterias, que rompen los humatos y los ácidos húmicos; y

Thiobacillus, que convierte los sulfitos en sulfatos (forma asimilable por las plantas), entre otras.

Por otra parte, los hongos son menos eficientes en la descomposición de la materia orgánica que las bacterias. Se

CUADRO II

COMPOSICIÓN DE ALGUNAS ENMIENDAS ORGÁNICAS.

| TIPO | N Total | F (P ₂ O ₅) | P (K ₂ O) | Materia Orgánica (MO) |
|---|---------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Estiércol bovino fresco | 4,0 | 2,5 | 5,0 | 140 |
| Estiércol bovino maduro | 5,0 | 3,0 | 6,0 | 170 |
| Estiércol bovino maduro de estabulación libre | 6,5 | 2,8 | 9,5 | 210 |
| Estiércol de caballo | 5,8 | 3,5 | 5,8 | 240 |
| Estiércol de oveja | 8,5 | 2,3 | 6,7 | 320 |
| Estiércol de cerdo | 4,5 | 1,9 | 6,0 | 180 |
| Gallinaza fresca de pollos estabulados | 14,0 | 11,0 | 6,0 | 170 |
| Gallinaza fresca de pollos corral | 26,0 | 28,0 | 16,0 | 600 |
| Estiércol de champiñonería | | 4,0 | 4,0 | 200 |
| Orujo de uva | 6,0 | 5,0 | 7,0 | 30 |
| Paja | 6,0 | 2,0 | 11,0 | 800 |
| Cortezas | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 900 |
| Compost de basura (análisis previo) | 5,0 | 3,0 | 4,0 | 175 |
| Lodos de depuradora (95% de agua) | 1,7 | 2,1 | 0,16 | 20 |

desarrollan en todos los suelos y son tolerantes a la acidez, donde crecen mejor debido a que no tienen la competencia con las bacterias. Viven en los horizontes superficiales ricos en materia orgánica y algunos son capaces de descomponer la lignina. Algunos hongos tipo micorrizas pueden ayudar a las plantas a extraer el fósforo mineral, que en general está muy ligado a las partículas del suelo y poco disponible para las plantas.

Especialmente importante es la actividad de los microorganismos en la rizosfera, zona del suelo que está alrededor de la raíz de la planta de alrededor de 1 mm de ancho y, en muchos casos, sin un borde definido. En ella, las raíces segregan componentes solubles en agua como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, carbohidratos y proteínas, que suministran alimento para los microorganismos. En compensación, los microorganismos suministran nutrientes a las plantas. Si conseguimos recuperar la fertilidad física del suelo mediante las técnicas citadas con anterioridad estaremos indirectamente provocando el incremento de la actividad biológica en el suelo.

Los microorganismos precisan de un ambiente húmedo con acceso al oxígeno en los espacios porosos del suelo. Por este motivo el 75% de los organismos del suelo se encuentran en los primeros 5 cm. Existen otros factores como la temperatura, el grado de humedad, el pH, el contenido de sales, o el contenido en metales pesados que determinan qué especies pueden sobrevivir y crecer.

Para favorecer el desarrollo de los microorganismos es necesario:

- (i) Mantener una cubierta vegetal que promueva la biología del suelo.
- (ii) Reducir las alteraciones físicas del suelo; evitando el laboreo y el paso reiterado de la maquinaria que compacta el suelo.
- (iii) Aumentar el contenido de materia orgánica con el uso de la cubierta vegetal, haciendo un *mulching* o incorporándola al suelo posteriormente, y mediante la aplicación de compost en el suelo.
- (iv) Mantener un nivel adecuado de humedad.
- (v) Reducir el uso de productos químicos.
- (vi) Utilizar fertilizantes orgánicos, que aportan microorganismos con una fuente estable de alimento.
- (vii) Mantener el pH del suelo entre 5,5 – 8.
- (viii) Mejorar el drenaje y construir una buena estructura del suelo.

Relación biológica planta-patógeno

El objetivo final en la almendricultura ecológica es la creación de unas condiciones naturales que limiten al máximo la presencia

Bioinsecticidas, biofungicidas
y biofertilizantes
para agricultura integrada,
ecológica y biodinámica.



Madex Top®
Madex Twin®
Helicovex®
Littovir®
Curatio®
VitiSan®
NeemPro®
Oil Protec®
Rhizovital® C5



Andermatt

**Por una alimentación
y un entorno saludables
para todos**

www.andermattiberia.com



Foto 2. Manejo de la cubierta vegetal. Trituradora de martillo. Fuente: Vimar.

y desarrollo de los organismos perjudiciales y la limitación natural de las plagas. Con ello, se busca alcanzar una biodiversidad en el agrosistema que restituya la estabilidad perdida como consecuencia de años de aplicaciones indiscriminadas de tratamientos químicos. Las plagas son una señal de rotura del equilibrio ecológico que indica que los controles naturales no han funcionado.

El desarrollo de las plagas y enfermedades dependerá de la presencia de enemigos naturales de las mismas, además de las condiciones climáticas y pedoclimáticas en las que se desarrolle el almendro. Las cubiertas vegetales y los setos juegan un papel fundamental en el mantenimiento de los enemigos naturales de las plagas, ya que la flora ofrece a estos insectos alimento (polen, néctar y presas alternativas) y refugio, favoreciendo la presencia de poblaciones estables de enemigos naturales capaces de controlar a los insectos-plaga cuando sus poblaciones empiezan a crecer, pudiendo realizar así un control biológico sobre ellas. Es importante mantener la cubierta vegetal hasta la mitad de la primavera, ya que su floración atrae a los depredadores y a los parásitos de las plagas. En el periodo seco conviene mantener una banda de vegetación en el centro de las calles.

Los organismos considerados como dañinos para el almendro son muchos, pero en realidad sólo algunos ponen en peligro la rentabilidad del cultivo. El almendricultor debe conocer el potencial de desarrollo de estos últimos en su zona para poder seleccionar las estrategias de lucha más eficientes. La monitorización, resulta imprescindible porque las medidas preventivas y la detección precoz de las plagas y/o enfermedades serán fundamentales para combatir las con los medios que dispone la almendricultura ecológica. El control de las plagas y enfermedades se realiza a través de intervenciones agronómicas, físicas, mecánicas y/o biológicas. Y sólo si se superan los umbrales tolerables de daño se deben usar tratamientos con las sustancias activas permitidas en la Reglamentación.

Control microbiológico de enfermedades del almendro

Los microorganismos tienen un poder de biocontrol para las enfermedades del almendro. Alrededor de la rizosfera conviven varios microorganismos que juegan su papel. Entre ellos podemos distinguir tres tipos de microorganismos: (i) el “Bueno”, aquel que es beneficioso para la planta, promoviendo el crecimiento, pro-

porcionando una nutrición eficiente, otorgándole una tolerancia a los estreses abióticos y una resistencia a las enfermedades (hongos micorrizas, *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp.); (ii) el “Malo”, aquel que actúa como un organismo parásito de la planta, causando las enfermedades (*Meloidogyne* spp. y *Fusarium* spp.); y, finalmente, (iii) “el Feo”, aquel organismo oportunista que puede llegar a ser patógeno humano (*Aspergillus* spp.).

En los últimos años, estudios de caracterización de los microbiomas de diferentes especies y/o sus órganos, y sistemas han revelado una inmensa diversidad microbiana asociada a cada cultivo. Los microorganismos constituyen la mayor parte de la biomasa celular de plantas y animales; concepto emergente de “holobionte” como la suma del genoma vegetal y sus microorganismos asociados.

De donde más información se puede obtener es, precisamente, de los cultivos leñosos ya que llevan años coevolucionando juntos el material vegetal y sus microorganismos asociados. Aunque en el caso de los leñosos, la más avanzada es la vid por el concepto de terreno o *terroir*, existiendo también ya ejemplos de estudio con el almendro en el Moncayo para caracterizar la microbiota asociada a la tolerancia a enfermedades. Esta estrategia se basa en la propagación conjunta de genomas vegetales y su microbioma-clave, generando variedades y portainjertos menos dependientes de los estreses medioambientales. ■

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Xavier Rius, de Agromillora Group, por la colaboración en la redacción de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Borras, M. 2021. El mercado de la almendra ecológica. X Jomadas Crisolar. www.youtube.com/watch?v=4cV_r-81Wpg.

Felipe AJ, Rius X, Rubio-Cabetas MJ. 2022. El cultivo del almendro. Segunda Edición. In Felipe AJ, Rius X. Rubio-Cabetas MJ, (Eds.) 567pp ISBN: 978-0-646-85851-7

Torrejón, A y Arroyo, E. 2010. La importancia de las plantas adventicias. Fertilidad de la Tierra. N72.2018.