

## El empleo de enmiendas orgánicas en el cultivo del aguacate como estrategia de control de la podredumbre blanca radicular

**Carmen Vida, Antonio de Vicente y Francisco M. Cazorla** (Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora (IHSM-UMA-CSIC), Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Málaga).

**Juan A. Torés** (Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora (IHSM-UMA-CSIC), Estación Experimental La Mayora, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Algarrobo-costa, Málaga).

En los últimos años, se ha profundizado en el conocimiento de cómo una de las actuaciones tradicionales de la agricultura, como es la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo, puede tener distintos efectos positivos en el estado fitosanitario del cultivo del aguacate. En particular, se han realizado investigaciones centradas en las modificaciones que se producen en las comunidades microbianas tras la aplicación de diversos tipos de enmiendas orgánicas a los suelos de cultivos de aguacate y la implicación que estos cambios tienen en el control de la podredumbre blanca radicular del aguacate causada por *Rosellinia necatrix*.

### INTRODUCCIÓN

El aguacate es un cultivo de origen subtropical y como tal necesita unas condiciones específicas para su óptimo crecimiento, como son una temperatura templada a lo largo de todo el año, una humedad ambiental elevada y un suelo con una capa superior muy enriquecida en materia orgánica que favorezca el desarrollo superficial de las raíces alimenticias. Por este motivo, y para acercarse a esas condiciones de cultivo, uno de los manejos que se vienen aplicando históricamente es la adición de distintas enmiendas orgánicas al suelo del aguacate. Dichas enmiendas pueden provenir de distintas fuentes, aunque principalmente se emplean productos residuales compostados de diferente naturaleza, como estiércol, o restos de poda tanto del propio cultivo del aguacate como de otros cultivos. Normalmente, estos materiales son triturados, compostados y finalmente aportados al suelo. En general, se ha observado que la aplicación de estas enmiendas orgánicas tiene efectos beneficiosos directamente relacionados con el aumento de la producción en el cultivo del aguacate (Wolstenholme y col., 1997; López y col., 2014), pero en ocasiones, también pueden causar beneficios en el estado fitosanitario de la planta, llegándose a observar el control de diferentes enfermedades tras su aplicación. Estos suelos con actividad de control biológico frente a un patógeno son conocidos como suelos 'supresivos' (Cook y Baker, 1983), y son aquellos suelos en los que la incidencia de la enfermedad en plantas susceptibles es significativamente inferior, incluso aunque el patógeno esté presente. Este efecto supresivo frente a patógenos puede ser debido, principalmente, a los cambios inducidos en las propiedades físico-químicas y microbianas de los suelos tras la aplicación de las enmiendas orgánicas. Por el contrario, se considera a un suelo 'conductivo' a aquel suelo que permite el desarrollo de enfermedades (Bailey y Lazarovits, 2003; Mendes y col., 2011; Pane y col., 2013).

### Enmiendas orgánicas en el cultivo del aguacate

El uso de enmiendas orgánicas en el cultivo del aguacate tradicionalmente ha mostrado efectos beneficiosos para el aumento del crecimiento radicular, reducción del estrés de la planta en condiciones climáticas adversas y un aumento de la producción de aguacate (Wolstenholme y col., 1997; Hermoso y col., 2011). Pero además,

se ha comprobado que la aplicación de algunas enmiendas orgánicas compostadas pueden tener efectos supresivos contra patógenos de suelo. Así, la aplicación de lodos de depuradora o de restos de eucalipto, adecuadamente compostados, muestran tener efecto supresivo frente a *Phytophthora* en parcelas de aguacates (Bender y col., 1992; Downer y col., 2001). En nuestro grupo se han realizado aproximaciones experimentales para comprender el efecto de estas enmiendas orgánicas sobre el

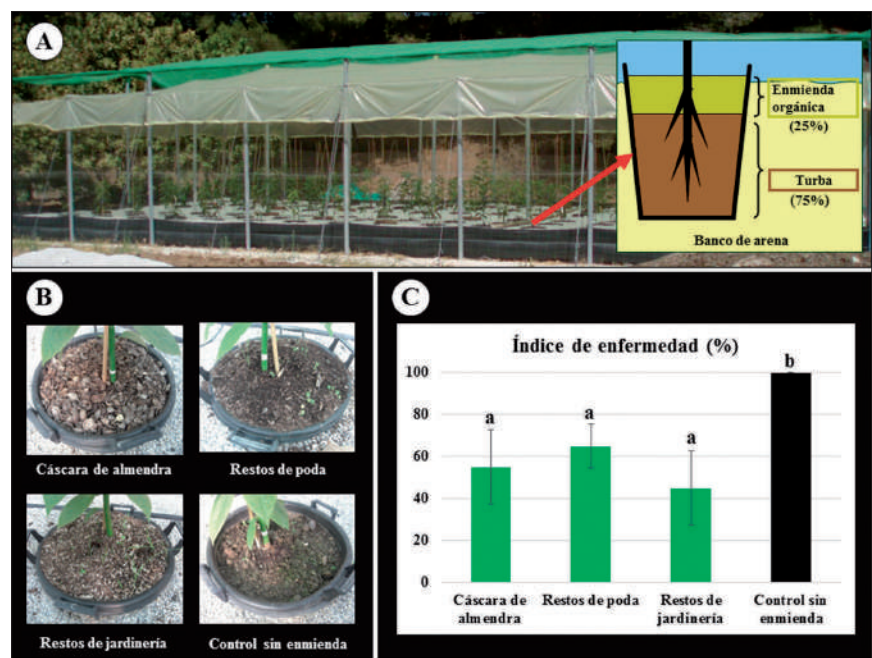
cultivo del aguacate. Así, en un primer trabajo (Bonilla y col., 2012) se evaluaron distintas materias orgánicas para su potencial uso en el cultivo de aguacate, realizando inoculaciones experimentales en ensayos de invernadero con condiciones controladas. Se ensayaron enmiendas tales como estiércol, composts comerciales de naturaleza animal o vegetal, o cáscara de almendra compostada. Los análisis mostraron que todas las enmiendas orgánicas evaluadas provocaban ciertos cambios

en las propiedades físico-químicas y microbianas del suelo. Estos cambios coinciden con los descritos en trabajos anteriores para distintas enmiendas orgánicas, en los que su aplicación se relacionaba con un aumento de la actividad antifúngica del suelo tratado (Weller y col., 2002). A la luz de estos resultados se evaluó si el uso de enmiendas orgánicas en el cultivo del aguacate desarrollaba alguna propiedad supresora frente a patógenos de este cultivo, como *R. necatrix*, causante de la podredumbre blanca radicular del aguacate.

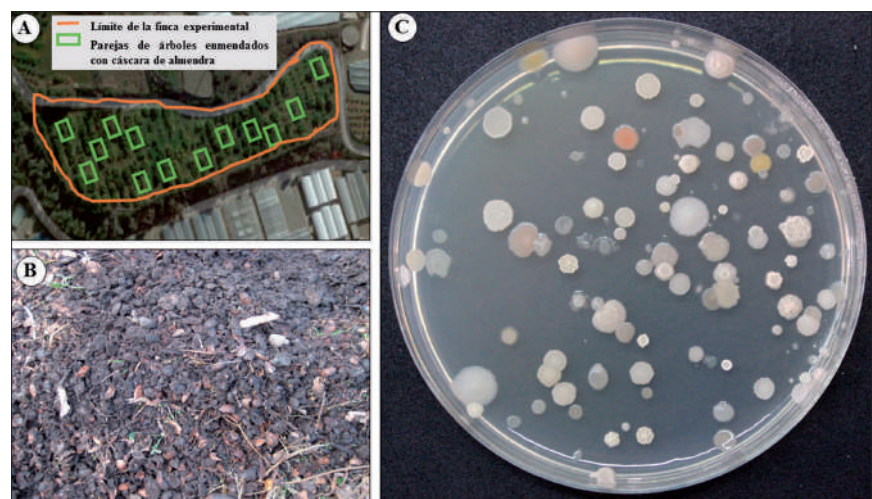
Recientemente, se ha llevado a cabo el estudio de los posibles efectos supresivos que podían tener la aplicación de diferentes tipos de enmiendas orgánicas seleccionadas (Tabla 1) en cultivos comerciales y experimentales de aguacate (Bonilla y col., 2015). Los experimentos se realizaron sobre plantas de aguacate comerciales de dos años de edad que crecieron en presencia de diferentes tipos de enmiendas orgánicas en suelo infestado con *R. necatrix* (Figura 1A-B). Tras la aplicación de las enmiendas orgánicas, se confirmó la modificación posterior de las propiedades de estos suelos, presentando unas características físico-químicas y microbianas diferentes. Además, la evolución de los síntomas mostró que los tratamientos orgánicos ensayados conferían carácter supresivo al suelo frente a *R. necatrix*, ya que conseguía reducir el índice de la podredumbre blanca radicular (Figura 1C). En estos ensayos, una de las enmiendas que destacó por una mayor inducción de la supresividad frente al patógeno *R. necatrix* fue la cáscara de almendra compostada (Bonilla y col., 2015).

## El uso de cáscara de almendra compostada contra *Rosellinia necatrix*

Debido a los resultados positivos obtenidos, la cáscara de almendra compostada se ha usado como modelo de estudio para descifrar aquellos aspectos que pudieran estar relacionados con la supresividad frente a *R. necatrix*. Para ello, se diseñaron ensayos en una parcela experimental del IHSM-UMA-CSIC 'La Mayora' que se encuentra naturalmente infestada por *R. necatrix*. En esta parcela, se encuentran localizados árboles de aguacate de unos 40 años de edad que llevan años, bien bajo tratamiento convencional mediante el uso de fungicidas, o bien manejados de forma orgánica mediante la aplicación masiva sobre la superficie del suelo de cáscara de almendra compostada como enmienda orgánica (Figura 2A-B). Los cambios físico-químicos ocurridos bajo el suelo enmendado con cáscara de almendra ya han



**Figura 1.** Instalación experimental para estudiar la actividad supresiva frente a *Rosellinia necatrix* en suelo de cultivos de aguacate bajo condiciones de invernadero, mediante el uso de distintos tipos de enmiendas orgánicas. A) Diseño del invernadero y de los macetones empleados en los ensayos; B) Tipos de enmienda analizados. C) Índices de enfermedad obtenidos para las plantas de aguacate crecidas en presencia de los diferentes tipos de enmienda orgánica tras 130 días desde la infestación del suelo con *R. necatrix*. En verde, los índices de enfermedad de las distintas enmiendas ensayadas, significativamente inferiores a los del control sin enmienda (negro).



**Figura 2.** A) Mapa de la parcela del IHSM-UMA-CSIC 'La Mayora' con parejas de árboles de aguacate bajo manejo orgánico con aplicación de cáscara de almendra compostada (recuadro verde) y árboles bajo manejo convencional. B) Aspecto de la enmienda de cáscara de almendra compostada en esta parcela. C) Placa de medio de cultivo (LB+cicloheximida 1%) donde se observan diferentes tipos de colonias bacterianas aisladas de un suelo enmendado con cáscara de almendra.

sido descritos con anterioridad (López y col., 2014). Pero de forma llamativa también se observó que la aplicación de cáscara de almendra compostada como enmienda orgánica, induce unos sutiles cambios en

la comunidad microbiana del suelo, especialmente un incremento de especies bacterianas colonizadoras de raíz y que se pueden aislar en medios de cultivo convencionales (Figura 2C). Además, se comprobó



# fruit attraction

FERIA INTERNACIONAL DEL SECTOR DE FRUTAS Y HORTALIZAS

18-20  
OCTUBRE  
2017

MADRID-ESPAÑA

ORGANIZAN



## TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y SMART AGRO AL SERVICIO DE LA PRODUCCIÓN HORTOFRUTÍCOLA

NOS VEMOS ANTES EN:



fruit attraction

THE WORLD'S INTERNATIONAL FRESH PRODUCE TRADE SHOW BRAND  
22-24 Abril 2017 - MENA - El Cairo - Egipto



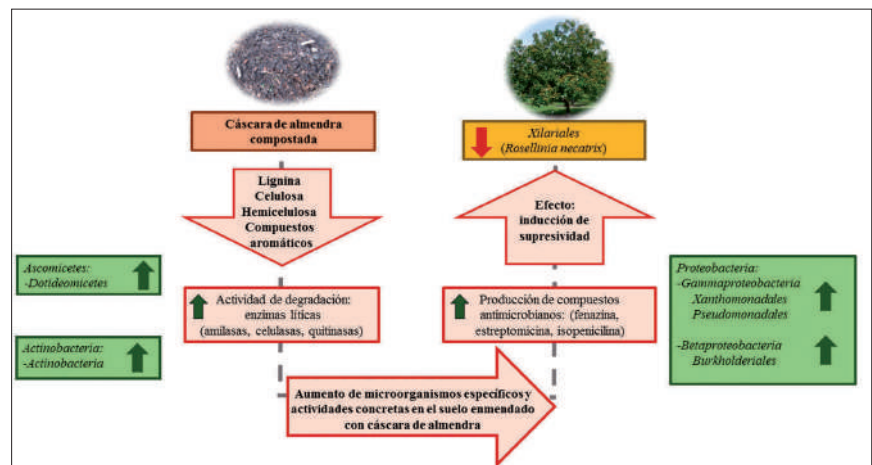
[www.fruitattraction.ifema.es](http://www.fruitattraction.ifema.es)

[facebook.com/fruitattraction](https://www.facebook.com/fruitattraction) [@FruitAttraction](https://twitter.com/FruitAttraction)

IFEMA Feria de Madrid  
902 22 15 15  
[fruitattraction@ifema.es](mailto:fruitattraction@ifema.es)

que el suelo bajo la influencia de la cáscara de almendra tiene un carácter supresivo frente a *R. necatrix*, todo lo contrario que el suelo bajo la influencia del manejo convencional, totalmente conductivo a la enfermedad. La naturaleza de dicha supresividad correspondía a la comunidad microbiana que se desarrolla en este suelo tras ser enmendado (Vida y col., 2016). El análisis completo de la comunidad microbiana de estos suelos enmendados con cáscara de almendra se ha realizado mediante técnicas de biología molecular avanzada y ha permitido proponer un modelo de cómo la aplicación de la cáscara de almendra causa determinados cambios en la comunidad microbiana del suelo que dan lugar a una sucesión de microorganismos, que llevan a la situación de supresividad frente al hongo patógeno. La hipótesis es que los primeros microorganismos que se desarrollan van descomponiendo la lignina; y así, la presencia de los productos de su degradación, provocan la selección de nuevas poblaciones microbianas conforme se va descomponiendo la cáscara de almendra. Dicha sucesión microbiana culmina con el desarrollo de una microbiota con capacidad para controlar la podredumbre blanca radicular del aguacate (Figura 3). Este suelo supresivo, inducido tras la aplicación de la cáscara de almendra, tiene como principales protagonistas de la supresividad a un grupo concreto de bacterias colonizadoras del sistema radicular de plantas, estudiadas paralelamente en otros trabajos, y consideradas como potenciales agentes de control biológico de *R. necatrix*, como son las bacterias pertenecientes al género *Pseudomonas*, y en menor grado de los géneros *Serratia* y *Stenotrophomonas* (Cazorla y col., 2006; Vida y col., 2017).

Estos trabajos reivindican el uso de técnicas tradicionales, como la aplicación de distintas materias orgánicas compostadas en el cultivo del aguacate, ya sean para favorecer el desarrollo de la planta y la producción de fruta, como también por su utilidad en la protección frente a ataques por patógenos vegetales. El uso de enmiendas orgánicas, podría ser implementado como una forma dirigida de utilizar prácticas de manejo preventivas que modifican las características microbianas y físico-químicas del suelo y que así consiguen controlar una enfermedad vegetal.



**Figura 3. Modelo propuesto sobre la secuencia de efectos causados por la aplicación de cáscara de almendra compostada en los suelos del cultivo de aguacate que permiten controlar la podredumbre blanca radicular.**

Enmienda orgánica	Composición y compostaje
<b>Cáscara de almendra</b>	Cáscara de almendra procedente de industria, apilada y compostada durante al menos 2 años (hasta 5 años). Solo regada por lluvia.
<b>Restos de poda</b>	Restos de poda de ramas y hojas de aguacate, picados y compostados en una pila que se voltea y riega una vez al mes (5 meses).
<b>Restos de jardinería</b>	Restos de jardinería (principalmente césped) que se tritura y se composta en una pila que se voltea y riega una vez al mes (5 meses).

**Tabla 1. Características generales de las enmiendas usadas en el trabajo realizado por Bonilla y col., 2015.**

## Abstract

In last years, different studies have focused in the changes induced in the soil microbial communities of avocado crops after the amendment with different types of organic amendments, and its role in the control of avocado white root rot caused by the phytopathogenic fungus *Rosellinia necatrix*.

**Agradecimientos:** A la Dra. Nuria Bonilla e Irene Linares por su inestimable colaboración en los ensayos realizados. Así como a José M. Farré, José M<sup>a</sup> Hermoso, Emilio Guirado y Jorge González por su participación en el diseño y desarrollo de los experimentos. Estos trabajos han sido financiados por las ayudas del Plan Nacional I+D+i del Ministerio de Economía (MINECO), proyectos AGL2011-30354-C02-1 y AGL2014-52518-C2-1-R, cofinanciados con fondos FEDER (UE). C. Vida ha recibido una ayuda del programa FPI (MINECO).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bailey, K.L., Lazarovits, G. 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil Tillage Res.* 72, 169-180.
- Bender, G.S., Casale, W.L., Rahimian, M. 1992. Use of worm-composted sludge as a soil amendment for avocados in Phytophthora-infested soil, p 143 *In Proceedings of the Second World Avocado Congress*, Orange, CA, 21 to 26 April 1991.

- Bonilla, N., Cazorla, F.M., Martínez-Alonso, M., Hermoso, J.M., González-Fernández, J.J., Gaju, N., Landa, B.B., de Vicente, A. 2012. Organic amendments and land management affect bacterial community composition, diversity and biomass in avocado crop soils. *Plant Soil*. 357, 215–226.
- Bonilla, N., Vida, C., Martínez-Alonso, M., Landa, B.B., Gaju, N., Cazorla, F.M., de Vicente, A. 2015. Organic amendments to avocado crops induce suppressiveness and influence the composition and activity of soil microbial communities. *Appl. Environ. Microbiol.* 81, 3405–3418.
- Cazorla, F.M., Duckett, S.B., Bergström, E.T., Noreen, S., Odijk, R., Lugtenberg, B.J.J. Thomas-Oates, J.E., Bloemberg, G.V. 2006. Biocontrol of avocado dematophora root rot by antagonistic *Pseudomonas fluorescens* PCL1606 correlates with the production of 2-hexyl 5-propyl resorcinol. *Mol. Plant. Microbe. Interact.* 19, 418–428.
- Cook, R.J. and Baker, F. Eds. 1983. *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. St Paul, MI: The American Phytopathological Society.
- Downer, A.J., Menge, J.A., Pond, E. 2001. Association of Cellulytic Enzyme Activities in Eucalyptus Mulches with Biological Control of *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology*. 2001 Sep; 91(9):847-55.
- Hermoso, J.M., Torres, M.D., Farré, J.M. 2011. Effects of organic materials on adult Hass trees, p 5 Proceedings of the Seventh World Avocado Congress, Cairns, Australia, 5 to 9 September 2011.
- López, R., Burgos, P., Hermoso, J.M., Hormaza, J.I., González-Fernández, J.J. 2014. Long term changes in soil properties and enzyme activities after almond shell mulching in avocado organic production. *Soil Tillage Res.* 143, 155–163.
- Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijn, I., Dekkers, E., van der Voort, M., Schneider, J.H.M., Piceno, Y.M., DeSantis, T.Z., Andersen, G.L., Bakker, P.A.H.M., Raaijmakers, J.M. 2011. Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. *Science* 332, 1097–1100.
- Nesheim, M.C., Oria, M., Yih, P.T. Eds. 2015. *A framework for assessing effects of the food system*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pane, C., Piccolo, A., Spaccini, R., Celano, G., Villecco, D., Zaccardelli, M. 2013. Agricultural waste-based composts exhibiting suppressivity to diseases caused by the phytopathogenic soil-borne fungi *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Appl. Soil Ecol.* 65, 43–51.
- Vida, C., Bonilla, N., de Vicente, A., Cazorla, F.M. 2016. Microbial profiling of a suppressiveness-induced agricultural soil amended with composted almond shells. *Front. Microbiol.* 7:4. doi:10.3389/fmicb.201600004.
- Vida, C., Cazorla, F.M., de Vicente, A. 2017. Characterization of biocontrol strains after an amendment with composted almond shells from a suppressiveness-induced soil. *Res. Microbiol.* Under review.
- Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., Gardener, B.B. M., Thomashow, L.S. 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40, 309–348.
- Wolstenholme, B.N., Moore-Gordon, C.S., Cowan, A.K. 1997. "Orchard mulching effects on avocado fruiting" in Proceedings from the Australian Avocado Growers' Association Conference'97: Searching for Quality, ed. Cutting, I.G. (Rotorua, New Zealand, 23-26 September). 119-130.



[www.ceratrapp.com](http://www.ceratrapp.com)



GMP+ cGMP



La solución más **eficaz y ecológica** al problema de la mosca de la fruta.