



Figura 1. Aspecto de dos encinas adyacentes en otoño de 2017. La encina de la izda. fue tratada en 2014 con Fosetil-Aluminio y la de la derecha sólo con agua (testigo).

**María Esperanza  
Sánchez**

Profesora Titular de  
Patología Vegetal.  
ETSIAM, Universidad  
de Córdoba

## Fosetil-Aluminio: un fosfonato efectivo contra la enfermedad de la 'seca de la encina'

Un proyecto de investigación financiado por la Fundación BBVA y liderado por el grupo de Patología Agroforestal de la ETSIAM, ha obtenido evidencia experimental de la efectividad del Fosetil-Aluminio aplicado por endoterapia en el control de la enfermedad radical de encinas y alcornoques conocida como 'seca de la encina'. Los datos ofrecidos en este artículo de forma resumida pueden consultarse con mayor detalle en: MA Romero, M González, MS Serrano, ME Sánchez. *Trunk injection of fosetyl-aluminium controls the root disease caused by Phytophthora cinnamomi on Quercus ilex woodlands. Annals of Applied Biology* 2019, 1-6. <https://doi.org/10.1111/aab.12503>.

La podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* es la enfermedad más grave que sufren encinas y alcornoques en España, con una mortalidad estimada en 500.000 encinas entre 2006-2016 sólo en la provincia de Huelva (datos de ASA-JA-Huelva). Hay diferentes medidas de control que resultan efectivas si se utilizan coordinadamente para el manejo integrado de la enfermedad: evitar los encharcamientos del suelo, favoreciendo los drenajes; evitar cargas ganaderas excesivas y movimientos del suelo por medio de vehículos, ganado, etc.; aplicación de fertilizantes cálcicos o cultivos biofumigantes (*Brassica* spp.); así como evitar cultivos susceptibles al patógeno (*Lupinus* spp.) que actúan como reservorios de la enfermedad. Todas estas medidas deben aplicarse de forma coordinada y siempre teniendo en cuenta las características propias de cada dehesa, entendiendo que un plan de manejo de la enfermedad válido para una explotación no tiene por qué ser válido para otra.

En este contexto, una medida de control muy prometedora es la aplicación a los árboles de productos inductores de resistencia, capaces de estimular las defensas naturales del árbol frente al patógeno. El producto inductor de resistencia más utilizado a nivel mundial para el tratamiento de enfermedades causadas por *Phytophthora* es el fosfito potásico (un fosfonato), tanto en especies cultivadas como en el medio natural. Su eficacia frente a la podredumbre radical de la encina se conoce desde 1999. La materia activa fosfito potásico está incluida en el Registro Único Europeo de Productos Fitosanitarios, pero en España se ha estado comercializado como fertilizante fosfórico, a pesar de que no tiene efecto alguno sobre la nutrición fosfórica de la planta. Por este motivo, su uso como fertilizante fue prohibido en 2013.

A raíz de la prohibición, y a la búsqueda de alternativas al fosfito potásico, el grupo de Patología Agroforestal de la ETSIAM demostró, en ensayos en invernadero, cómo otro fosfonato que sí se comercializa como fungicida, el Fosetil-Aluminio (tris-O-etil fosfonato de aluminio, Fos-Al), proporciona a encinas y alcornoques una

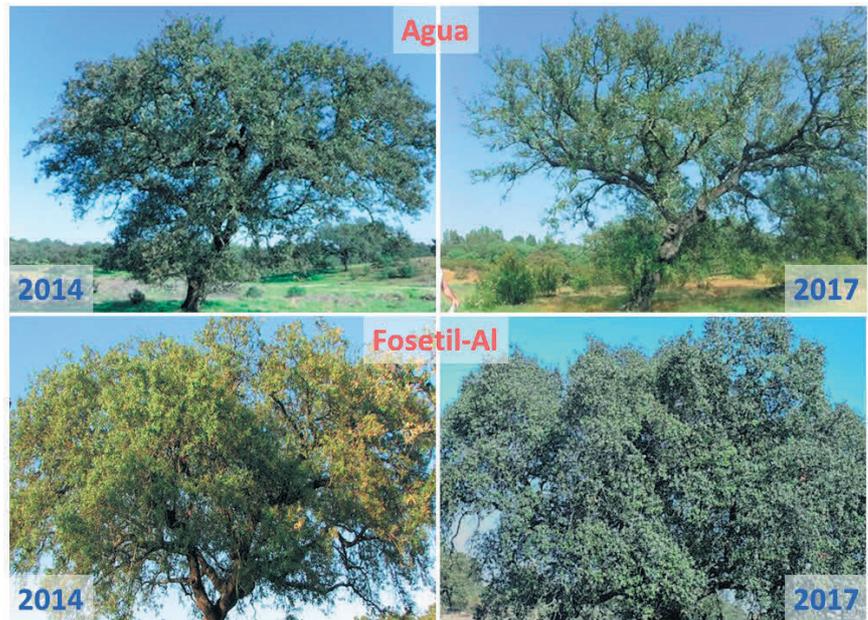


Figura 2. Defoliación moderada en dos encinas infectadas por *Phytophthora cinnamomi* en otoño de 2014, antes de ser tratadas mediante endoterapia con agua (testigo) o Fosetil-Aluminio, y aspecto que presentaban en 2017.

protección más eficaz que el fosfito potásico, por lo que constituye una alternativa muy interesante para su uso en dehesas.

En el otoño de 2014, el grupo de Patología Agroforestal de la ETSIAM, mediante un proyecto financiado por la Fundación BBVA, llevó a cabo tratamientos experimentales en dehesas de encina y alcornoque, aplicando cápsulas presurizadas (INYECT<sup>®</sup>, Fertinyect SL) con 200 ml de producto comercial (ALIETTE<sup>®</sup>, Bayer) al 4% en solución acuosa neutra. En cada parcela experimental se eligieron al azar sesenta árboles en distintas clases de defoliación: DC0 = árboles asintomáticos no defoliados, DC1 = defoliación leve, afectando a menos del 25% de la copa, y DC2 = defoliación media, del 26% al 50% de la copa. Antes de realizar los tratamientos se realizó una toma de muestras en cada uno de los sesenta árboles para el aislamiento e identificación del patógeno en laboratorio sobre muestras de raíz, así como para cuantificar la densidad de inóculo viable en muestras de la rizosfera de cada árbol. Una vez verificada y cuantificada la presencia del patógeno en los árboles seleccionados, de los veinte árboles en cada clase de defoliación, diez se trataron y los otros diez se dejaron sin tratar para que actuaran como testigos.



Figura 3. Tratamiento de una encina con cápsulas presurizadas (INYECT<sup>®</sup>, Fertinyect SL) de Fosetil-Aluminio (ALIETTE<sup>®</sup>, Bayer) en otoño de 2014.

El tratamiento consistió en la inyección de una cápsula con Fos-Al cada 20-25 cm de perímetro a 50 cm desde el suelo. Dependiendo de su perímetro, cada árbol recibió 3-4 cápsulas (Figura 3). Los tratamientos se aplicaron durante las horas mayor insolación en un día despejado y con una temperatura que varió entre 20°C y 25°C. En estas condiciones, la absorción del contenido de las cápsulas duró unos 20-30 min.

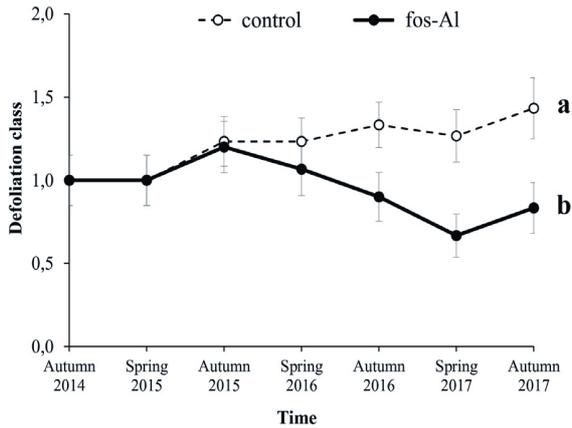


Figura 4. Evolución de la defoliación en las encinas infectadas por *Phytophthora cinnamomi* y tratadas con agua (línea punteada) o Fosetil-Aluminio (línea continua). Tomado de Romero y col. (2019) *Ann Appl Biol*.

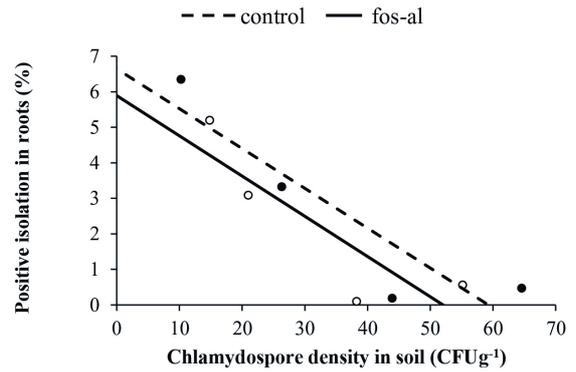


Figura 5. Correlación entre el porcentaje de aislamiento de *Phytophthora cinnamomi* en raíz (eje y) y la densidad de inóculo detectado en la rizosfera (eje x) en encinas tratadas por endoterapia con agua (línea punteada) o Fosetil-Aluminio (línea continua). Tomado de Romero y col. (2019) *Ann Appl Biol*.

Posteriormente, se repitió la evaluación de la defoliación de las copas dos veces al año (primavera y otoño) durante tres años, y con estos datos se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AB-CPEr) para cada árbol, como porcentaje con respecto al valor potencial máximo (copa totalmente defoliada). Coincidiendo con las evaluaciones de otoño, se repitieron anualmente los muestreos de raíz y de suelo de la rizosfera de cada uno de los sesenta árboles para su análisis en laboratorio. Con los datos obtenidos de ABCPEr, aislamiento positivo en raíz y densidad de inóculo en la rizosfera a lo largo del tiempo, se realizaron análisis de la varianza considerando como factores el tratamiento aplicado, la clase de defoliación inicial de cada árbol y la interacción entre las dos variables.

Los resultados obtenidos demostraron que el tratamiento con Fos-Al detiene el desarrollo de la enfermedad e incluso incrementa la densidad de la copa en los árboles tratados (Figuras 1 y 2), si bien este efecto positivo no es inmediato, sino que se hace significativo transcurridos dos años desde el tratamiento (Figura 4).

Generalmente, se asume que la efectividad de los fosfonatos es inversamente proporcional a la severidad inicial de la enfermedad, por lo que sólo proporcionan protección cuando se tratan árboles sanos o con defoliaciones muy incipientes,

mientras que en los ya claramente enfermos los tratamientos son poco o nada efectivos. Si bien esto está demostrado en el caso del castaño, en este trabajo los datos demuestran que la mejoría proporcionada por el Fos-Al es independiente de la defoliación inicial de los árboles tratados. Los árboles tratados de DC 0 aún no mostraban síntomas de enfermedad, pero ya se encontraban infectados por *P. cinnamomi* cuando se aplicaron los tratamientos, como se comprobó al aislar al patógeno de sus raíces en el muestreo inicial. En el otro extremo, los árboles de DC 1 y DC 2 no sólo estaban infectados, sino que mostraban claramente los síntomas de la enfermedad (defoliación de hasta el 50% de la copa). En todos los casos, el Fos-Al no sólo les proporcionó protección frente a nuevas infecciones (efecto preventivo), sino que tuvo un efecto curativo (terapéutico) sobre las infecciones preexistentes. Aunque el tratamiento no llegó a producir una reducción estadísticamente significativa en la presencia del patógeno en la raíz cuando se la compara con los árboles no tratados a lo largo de los tres años de obtención de datos, cuando se correlaciona la densidad de inóculo en el suelo y la presencia del patógeno en la raíz, sí que hay una clara tendencia a una menor colonización radical en los árboles tratados con respecto a los testigos para todo el rango de densidad de inóculo presente en el suelo (Figura 5).

En conclusión, este trabajo demuestra experimentalmente y en condiciones reales de campo que el Fos-Al, aplicado por inyección al tronco, proporciona una protección efectiva frente a la podredumbre radical que afecta a encinas y alcornoques en la dehesa, teniendo además un efecto curativo en árboles ya infectados que muestran defoliación moderada (menor del 50%).

Se necesitan más investigaciones para saber si el producto resulta efectivo en árboles severamente defoliados (más del 50%), cuál es la dosis mínima efectiva, o la duración real de la protección que aporta el tratamiento, lo que condicionará la frecuencia de aplicación de los tratamientos. Actualmente, sabemos que resultan efectivos durante al menos tres años, pero este período podría ser más largo.

El Fos-Al es un fosfonato registrado como fungicida en el Registro Único Europeo y autorizado en España para su uso en cultivos agrícolas y algunos cultivos forestales (*Cupressus* spp.).

Actualmente, la información científicamente contrastada de la que se dispone aconseja incluir el tratamiento por endoterapia con Fos-Al como un método a considerar en el manejo integrado de esta grave enfermedad que amenaza seriamente la sostenibilidad de las dehesas. Para ello, es necesario que el producto sea autorizado para su uso en encinas y alcornoques.