

1.- APLICACIONES NO MUY CONOCIDAS DE LOS HONGOS.

José **DELGADO AGUILERA***
M^a Teresa **DELGADO MURIEL****
Mario Luis **DELGADO MURIEL****

Asociación Micológica Lactarius de Jaén.

*** E-23003 Jaén. (España)*

Lactarius 14: 5-15 (2005). ISSN: 1132 – 2365

RESUMEN: Sin más pretensiones que su divulgación damos a conocer dos de las muchas aplicaciones que tienen los hongos, y que hemos considerado no son muy conocidas del gran público, pese a tener un gran interés práctico y económico. Entre las encontradas en Internet y otras fuentes consultadas hemos seleccionado la aplicación de los hongos como herbicidas (*mycoherbicidas*) y como insecticidas (*hongos entomopatógenos*).

INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria es el sector económico más amplio del mundo, a esta actividad se dedican más personas que al total del resto de actividades. A lo largo de la historia de la humanidad, en las guerras, hambrunas, plagas y escasez de alimentos se han hecho numerosas predicciones catastróficas que han asegurado que el incremento en la producción de alimentos no iba a

poder seguir el ritmo creciente del aumento de población, pero., hasta la fecha, el hombre ha conseguido sobrevivir.

Aunque muchas de las tareas agrícolas siguen siendo las mismas (labrar, arar, sembrar, recolectar, criar animales...) las técnicas de cultivo y cría han cambiado espectacularmente en los últimos años. Los agricultores y ganaderos actuales han tomado una mayor conciencia de los

costes, rendimientos y beneficios de sus explotaciones, han incrementado la mecanización y cambiado las técnicas de cultivo y cría, aumentando el rendimiento y la productividad lo suficiente como para dar respuesta adecuada a la elevación de demanda y, consecuentemente, consumo de recursos naturales habidos en muchos países como consecuencia del incremento demográfico y elevación del nivel de vida.

Gracias al incremento de la mecanización, mejora genética y uso de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas en la agricultura y ganadería se ha elevado increíblemente la producción de alimentos, y estos se consiguen a menor coste y con mayor variedad. Se estima que la media del rendimiento de los cultivos ha aumentado más del 55% desde los años 50, periodo que es considerado como el de la "Revolución verde". Al aumento del rendimiento de los actuales cultivos y modernas explotaciones ganaderas ha contribuido notablemente la lucha química contra las plagas. De esta lucha todos reciben favor: el agricultor o ganadero consigue una produc-

ción más segura y eficaz, las empresas que manipulan, elaboran, transforman y comercializan los productos alimentarios consiguen una materia prima más regular y de mejor calidad y el consumidor puede adquirir los alimentos con mejor calidad y precio más económico.

Pero el sistema que se establece debe de ser sostenible, es decir debe de tener una larga duración, por ello el objetivo de la agricultura sostenible es producir de manera más eficaz y económica pero conservando y/o mejorando el medio ambiente. La agricultura sostenible incluye el procurar que el consumo de fertilizantes y plaguicidas sean los más bajos posibles para minimizar los efectos adversos que estos puedan tener sobre el medio ambiente pero obteniendo un rendimiento óptimo.

Mycoherbicidas, herbicidas químicos cuyo desarrollo está íntimamente ligado a la investigación para la guerra química de 1940 son productos diseñados y fabricados para matar malezas (malas hierbas), que perjudican al hombre porque reducen la calidad y cantidad de sus cosechas.

Su uso ha reemplazado totalmente en las grandes explotaciones a los métodos mecánicos tradicionales como es la eliminación manual, a veces con la ayuda del azadón, de las malas hierbas. Sin su uso hubiera sido imposible mecanizar plenamente la producción de algodón, remolacha, cereales y otros productos agrícolas.

Las primeras sustancias utilizadas como herbicidas fueron de naturaleza inorgánica: salmuera, sulfato de cobre, arsenito de sodio, trióxido de arsénico, sulfito de amonio, tetraboratos y otros. Algunos de ellos, por ser útiles, aún se siguen utilizando aunque cada vez menos pues, al haberse comprobado que muchos, indeseablemente, persisten en el suelo están siendo reemplazados aceleradamente por compuestos orgánicos.

Los herbicidas orgánicos son variados y numerosos, de ellos a título de ejemplo citamos: *Cloroacetamidas* (inhibidoras del crecimiento meristemático), derivados del ácido benzoico, *Bipiridilos* (son herbicidas de contacto que dañan rápidamente el tejido de la planta), *Carbamatos* (matan

a la planta por detener la división celular y por ende el crecimiento, *Dinitro anilinas*, *Ureas* (su mecanismo de acción es inhibir la fotosíntesis), *Piridazinonas* (inhiben la formación de clorofila).

Además de los herbicidas de origen químico sintético, hay unos pocos agentes naturales. Los enemigos naturales utilizados para el control biológico de las malezas son los que atacan a estas, ya sea ingiriendo la masa vegetal por el animal liberado (insecto, acaro, nematodo, etc.) o produciendo enfermedades de las plantas, entre estos algunos hongos que pueden ejercer cierto grado de control sobre plagas protagonizadas por malas hierbas, son los llamados micoherbicidas. Se ha comprobado que en algunos casos estos hongos incrementan su efecto cuando se utilizan en combinación con insectos.

Como ejemplos de posibles micoherbicidas y sus aplicaciones citamos: *Phytophthora palmivora* que induce enfermedad selectiva en enredadera lechosa. *Collectotrichum gloeosporioides*: En China ha resultado muy efectiva para el control biológico de

Cuscuta sp., la aplicación de una suspensión de conidios de este hongo. Conviene recordar que el género *Cuscuta* es una mala hierba que tiene una distribución cosmopolita, que aparece en variados cultivos como la alfalfa, la remolacha azucarera, hortalizas y arbustos como el café. Esta maleza no solo afecta a la calidad y rendimiento del cultivo sino que sus semillas, como impureza en las simientes agrícolas y forraje del ganado están totalmente prohibidas y están declaradas como malezas nocivas en muchas naciones. *Cercospora piaropi*, *C. rodmani* y *Acremonium zonatum* se han utilizado en los E.E.U.U. como agentes de control del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en algunas situaciones, pero estos parecen haberse diseminado por todo el mundo junto al jacinto de agua, por lo que no deben de ser introducidos como bioherbicidas a no ser que las investigaciones en marcha aconsejen su uso bajo determinadas condiciones y limitaciones. Recordamos que el jacinto de agua es originario de América del Sur, es reconocida como la peor maleza acuática, aunque también tiene propiedades de utilidad (limpia

las aguas contaminadas y representa una enorme reserva de biomasa) puede encontrarse en la actualidad ampliamente distribuido por los grandes cursos fluviales de todo el mundo que en algunos casos se encuentran invadidos por una maraña de vegetación flotante cuyo crecimiento puede obstruir los cursos de agua navegables, lo que obliga a su limpieza periódicamente. Es considerada como una de las plantas invasoras, entendiéndose como tal la que se establece en una nueva zona produciendo poblaciones autoproducidas que se expanden en perjuicio de los ecosistemas invadidos.

Las invasiones biológicas son ampliamente reconocidas como una de las causas de Cambio Global debido a la acción humana, sus efectos repercuten en la pérdida de biodiversidad y funcionalidad, pues estas especies pueden alterar en poco tiempo los procesos ecológicos de los lugares en donde reestablecen. Este fenómeno, casi siempre propiciado por el hombre, está volviéndose algo cotidiano en nuestro mundo, en el caso del jacinto de agua se introdujo como planta ornamental, por la belleza de sus

flores. A veces sus efectos son catastróficos por reducir drásticamente los recursos naturales que tradicionalmente han sido el medio de vida de la población de los lugares invadidos por ello en la prensa, más o menos sensacionalista, ha llegado a ser calificada como "planta asesina".

Este fenómeno global también afecta a los espacios naturales protegidos que suelen ser muy sensibles a este tipo de procesos. Nuestros espacios no son una excepción, sirva como ejemplo lo que está ocurriendo en uno de nuestros parques más emblemáticos: El Parque Nacional de Doñana. Es este uno de los espacios más importantes de Europa, en el encuentran refugio los últimos representantes de especies como el Lince Ibérico (*Linx pardinus*), Águila imperial ibérica (*Aquila Adalberti*). En este espacio invernan cantidades enormes de aves acuáticas y como sabemos, en 1981 fue declarada Reserva de la Biosfera. En este espacio se han detectado la presencia de especies exóticas, tanto animales (a título de ejemplo solo citamos el cangrejo rojo americano, black bass y la tortuga de Florida), como vegetales entre los que se

encuentra el jacinto de agua y *Azolla filiculoides*, para la lucha contra estos invasores habrá que investigar y Probar diferentes métodos, entre los que podrían localizarse algunos hongos que tal vez hayan de utilizarse en combinación con otros agentes biológicos, químicos o mecánicos y con suma prudencia y tras la realización de ensayos y controles previos a y durante las actuaciones que permitan conocer la idoneidad del método en base a la mayor efectividad con un mínimo costo ecológico y económico. *Altenaria eichhorniae* se mostró propicio para control de cafecillo (*Cassia obtusifolia*) maleza agresiva típica de la soja y el maíz que ha desarrollado resistencia a alguno de los herbicidas químicos. Sin embargo fue desechada la comercialización de este microherbicida. *Rhizoctonia solana* muy conocido por producir la *Rhizoctoniasis* en la patata, este hongo es muy agresivo y destructivo capaz de destruir rápidamente las plantas del jacinto de agua, pero a pesar de su capacidad destructiva y reputada virulencia no se ha contemplado seriamente como bioherbicida. *Uredo eichhorniae* en

la actualidad se está estudiando su potencial biológico de control para establecer la conveniencia de su uso como agente de bio-control para el jacinto de agua y fijar plazo para su lanzamiento para E. E. U. U. y otros países. *Puccinia canaliculata* controla la cortadera amarilla nombre con el que se conoce a una planta ciperácea, de hojas alternas, largas, angostas y aplanadas cuyos bordes cortan *Myrothecium roridum* (muy conocido por producir la podredumbre del café y las solanáceas) y algunas especies de *Aspergillus*, *Paelomyces* y *Trichoderma* manifiestan un efecto antagónico a *Phytophthora cinnamomi*, uno de los causantes de podredumbre radicular del aguacate (*Persea amaericana Mili*) en la actualidad, cultivo muy abundante en varias provincias de Andalucía.

Por último citamos como mi-coherbicida el hongo *Fusarium oxysporum*. Desde que una epidemia de este hongo afectó seriamente las plantaciones de coca (*Erythroxylon coca*), surgió la idea de crear intencionadamente epidemias del mismo para la lucha contra las drogas. El Programa de Naciones Unidas de

Fiscalización Internacional de Drogas (UNDCP) y el gobierno colombiano pensaron un plan que marca el inicio de la guerra biológica contra la coca en el sur de este país. El plan contempla que han de hacerse una serie de pruebas en el campo para evaluar la efectividad del hongo para eliminar la planta de coca y los posibles riesgos ecológicos. El objetivo del plan era tener un hongo "matacoca" suficientemente probado y listo para controlar el arbusto de la coca en Colombia el resto de la región andina, pero en contra del uso de *Fusarium oxysporum* como micoherbicida.

Desde diversos estamentos se han levantado voces advirtiendo que el uso del hongo atenta contra la biodiversidad y argumentando que el mismo puede causar daños a otras muchas plantas cultivadas y algunos imitantes (debe de tenerse en cuenta que este hongo es una de las especies que presenta una mayor variabilidad genética) pueden llegar a producir enfermedades incluso en el hombre. Ante esta situación no es de extrañar que irónicamente se le conozca como "hongo de la discordia". No entramos ni opi-

namos en la polémica planteada (no es nuestro cometido), solo nos limitamos a exponer la controversia planteada por el posible uso de potente micoherbicida.

Después de lo dicho y a forma de conclusión solo nos queda decir que en los hongos que hemos llamado micoherbicidas podemos tener una buena arma biológica en la lucha contra las plantas indeseables, pero que el uso que se haga de estos deben de ser muy controlado y prudente: La introducción de un agente de control biológico no debe aprobarse, para su ulterior liberación en un lugar determinado, hasta que se haya demostrado, más allá de las dudas razonables, que no representa ningún riesgo para el hombre, animales, los cultivos y ambiente. *Hongos entomopatógenos*

En el afán de producir cada vez más alimentos y a un precio más económico con la tierra disponible nos ha llevado a desarrollar tecnologías de alta productividad agrícola y ganadera que inesperadamente han propiciado el desarrollo de nuevas plagas que vienen a sumarse a las tradicionalmente conocidas. Conse-

cientemente las cosechas pueden verse disminuidas por diversos factores y organismos, entre ellos los insectos, que producen perjuicios y afectan a su rendimiento y/o calidad.

Un método tradicional de controlar los insectos es el uso de insecticidas, estos lograron el propósito para el que fueron concebidos, pero la experiencia ha demostrado que el abuso en el uso prolongado de estos plaguicidas químicos ha dramatizado de forma espectacular el problema de las plagas, acarreando inconvenientes más graves que el que se ha tratado de resolver: la contaminación del medio ambiente y la aparición de insectos mutantes resistentes a los productos utilizados. Como una nueva y buena alternativa se está recurriendo, cada vez con mayor frecuencia, al control biológico de las plagas utilizando los seres vivos enemigos naturales de los insectos a combatir.

Ya desde 2700 AC, los chinos habían observado enfermedades en el gusano de seda, pero solo a partir del 1835 la patología de los insectos comienza a ser considerada una ciencia, gracias a los

trabajos de Agostino Bassi que estudió una enfermedad en los gusanos de seda provocada por el hongo *Beauveria bassiana*, demostrando al mismo tiempo que también que era patógeno a otros insectos.

Vinieron después los importantes estudios de Louis Pasteur describiendo la enfermedad producida en la larva de la mariposa de la seda (*Bombix bombyx*) por el protozoo *Nosema bombycis*. Fue este científico el primero en sugerir el empleo de las enfermedades de los insectos útiles para control de los insectos plaga, adelantándose muchos años a lo que hoy conocemos como control biológico y que podríamos definir como una actividad en la que se manipulan una serie de enemigos naturales de un plaga con objeto de combatir, reducir e incluso eliminar los parásitos que la producen.

El desarrollo y aplicación de agentes de control biológico de plagas adquiere una gran importancia como alternativa en el desarrollo de una agricultura sostenible que preserve los recursos naturales y el medio ambiente para las futuras generaciones. En

la naturaleza los hongos entomopatógenos pueden eliminar o reducir las plagas a niveles que no produzcan daños económicos significativos a los cultivos, estos hongos se encuentran en el suelo, plantas, rastrojos y estiércol, logran un desarrollo óptimo en lugares frescos, húmedos y poco soleados, constituyendo el grupo de mayor importancia en el control biológico de los insectos plaga, pues prácticamente todos los insectos son susceptibles a desarrollar alguna de las enfermedades producidas por estos hongos.

Vemos pues que los hongos entomopatógenos son microorganismos que atacan insectos y ácaros y a partir de ellos se obtienen bioinsecticidas que se utilizan para controlar los insectos plaga en los cultivos. Los hongos entomopatógenos requieren un elevado grado de humedad para infectar a su hospedero y su eficacia depende de su especificidad y temperatura, óptima entre 25 y 30°C. Actúan invadiendo el cuerpo del huésped tras germinar las esporas en la superficie del insecto, el tubo germinativo penetra al hemocelo del insecto a través de la cutícula y una vez

dentro se multiplican y dispersan rápidamente produciendo cambios en el comportamiento y aspecto del insecto infectado: deja de alimentarse, presenta debilidad y desorientación, cambian de color y aparecen manchas más oscuras sobre el tegumento que se corresponden con las esporas germinadas del hongo. La muerte del huésped sobreviene por la destrucción de sus tejidos y/o por acción de las toxinas producidas por el hongo. Los insectos muertos por los hongos tienen un aspecto característico: suelen estar cubiertos por el micelio que en algunas ocasiones emerge por las articulaciones entre los segmentos del cuerpo, endureciéndose y momificándose después. En la superficie del insecto muerto se producen esporas que pueden a su vez iniciar el proceso de infección sobre otros insectos. Entre las muchas ventajas que presenta el uso de los hongos entomopatógenos en la lucha contra plagas de insectos destacamos la de ser específicos para una misma familia, su fácil multiplicación y dispersión, no contaminar el ambiente y no ser tóxicos para el hombre y los animales. Se conocen aproxima-

damente 100 géneros y unas 700 especies de hongos entomopatógenos, entre los géneros más importantes podemos citar *Metarhizium*, *Beauveria*, *Cordyceps*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutiella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* *Verticillium*. *Metarhizium* actúa sobre homópteros en general. *Aschersonia* actúa produciendo mortandad sobre la mosca prieta de los cítricos. *Paecilomyces lilacinus*, *P. tenuipes* y *P. javanicus* han sido utilizados para el control de plagas de larvas de lepidópteros. *Akanthomyces* se ha utilizado también para control de plagas de lepidópteros. *Verticillium lecanii* se utiliza contra áfidos y mosca blanca y tisanópteros. *Beauveria* para controlar plagas de coleópteros, como los gorgojos que atacan a la batata y al plátano, saltamontes, mosca blanca, thrips y áfidos. *Cordyceps* actúa contra hormigas de género *Camponotus*.

Este género del que se han señalado del orden de 280 especies, está registrado como entomopatógeno en especies de los órdenes *Hyimenoptera*, *Hemiptera*, *Diptera*, *Lepidoptera* y *Co-*

leóptera. En muchos países existe un departamento de entomopatógenos que coordina programas de control microbiano de sus insectos plaga más frecuentes, promueve la colección de estos hongos, tras su recolección en la naturaleza, se aíslan y purifican en un medio de cultivo artificial, como soporte fundamental en la investigación del control biológico de plagas y con el propósito de ser utilizados como bioinsecticidas. Para utilizar hongos entomopatógenos como insecticidas es necesario producir cantidades masivas de hongo y este debe mantener su capacidad infectiva por mucho tiempo. Ha de conseguirse un medio de cultivo óptimo que permita una muy buena relación costo/rendimiento, y el hongo obtenido habrá de superar pruebas a pequeña escala para comprobar y garantizar que el producto es estable, su efectividad a dosis similares a las utilizadas para productos agroquímicos, fijar las condiciones de almacenamiento y comprobar que se pueda aplicar con la maquinaria habitual de una explotación agrícola. Una buena formulación de hongos entomopatógenos, además de superar los ensayos

antes mencionados, debe de mejorar la adhesión a la cutícula del insecto, aumentar o, como mínimo, mantener su virulencia, hacerlos fáciles de manejar, aplicar y almacenar amén de resultar al menor costo posible.

La comercialización de controladores biológicos aconseja una vigilancia adecuada de las propiedades biológicas, y físico-químicas de los mismos, tales como concentración de esporas, germinación de las mismas y pureza. Existen varios tipos de formulaciones: Polvos: Compuestos por la sustancia activa más un portador inerte. Apropriados para aplicaciones directamente al suelo Granulados: Además de la sustancia activa y un soporte mineral tiene un agente humectante que facilita su cohesión, útil para aplicaciones directamente al suelo. Polvos humedecibles: En su composición interviene amén de la sustancia activa y un soporte mineral otra/s sustancia/s que contribuyan a su suspendibilidad y dispersabilidad. Pueden ser utilizadas para tratamientos foliales. Polvos floables: Granulado del ingrediente activo junto a componentes minerales que contribuyan a

1.- APLICACIONES NO MUY CONOCIDAS DE LOS HONGOS.

su suspendibilidad y dispersabilidad. Pueden utilizarse para tratamientos foliales. Microencapsulados. Ingrediente activo cubierto por una cubierta de material sintético. Apropiado cuando el principio activo debe protegerse del medio y controlarse su tiempo de liberación. Concentraciones emulsionables: Sustancia activa con un disolvente orgánico. Para obtener una rápida acción del principio activo. Floa-

bles o suspensiones concentradas: En estas se incluye el ingrediente activo junto a emulsionantes y dispersantes con objeto de obtener una acción rápida. En la actualidad son muchos los productos que teniendo como principios activos hongos entomopatógenos se comercializan con muy variados nombres y para muy diferentes tipos de plagas por las industrias del sector en cada país